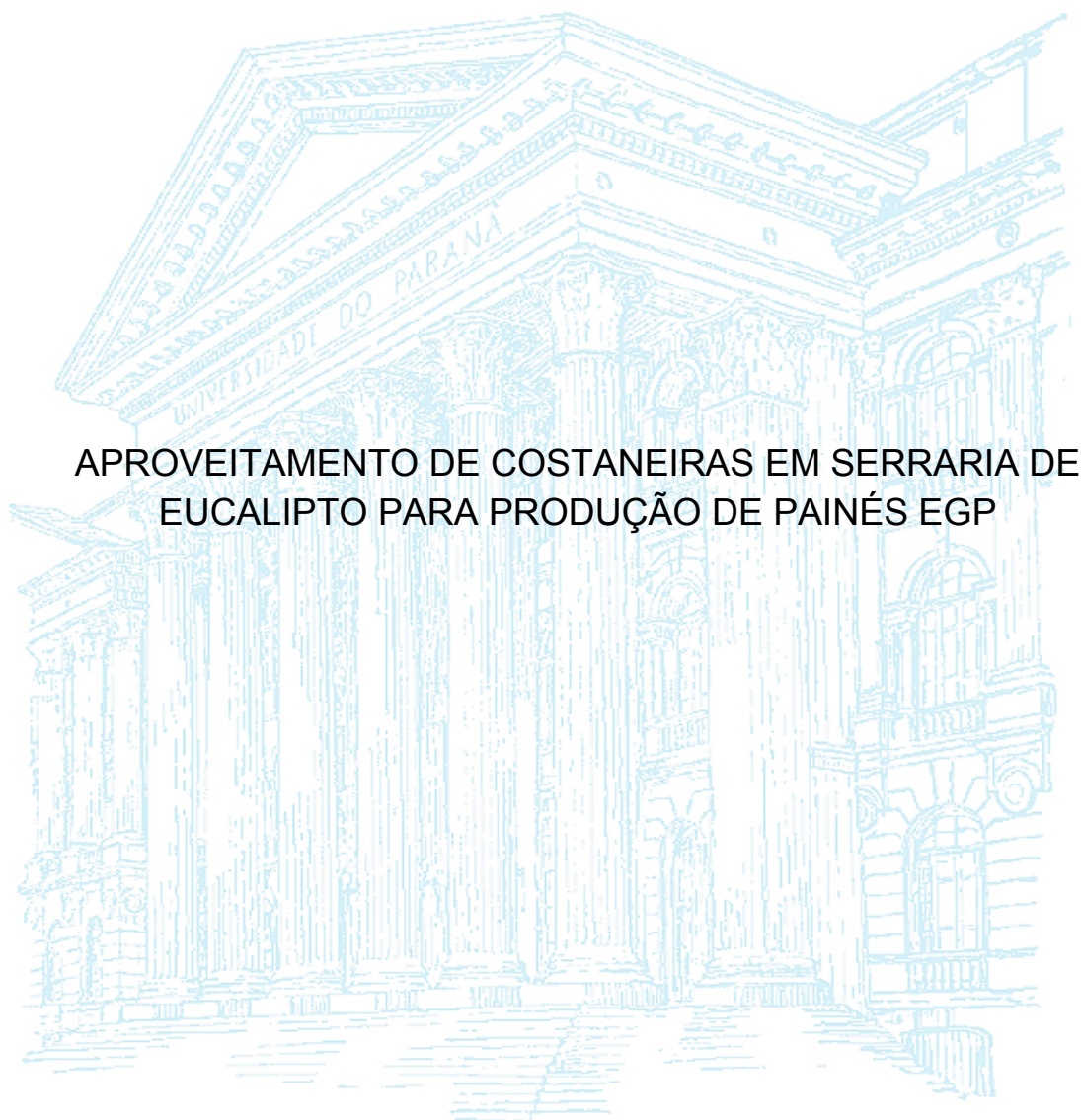


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLÁUDIO GUMANE FRANCISCO JUÍZO



APROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS EM SERRARIA DE
EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉS EGP

Curitiba-PR

2015

CLÁUDIO GUMANE FRANCISCO JUÍZO

APROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS EM SERRARIA DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉS EGP

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha
Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke
Prof. Dr. José Guilherme Prata

Curitiba-PR

2015

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Juízo, Cláudio Gumane Francisco

Aproveitamento de costaneiras em serraria de eucalipto para produção de painéis EGP / Cláudio Gumane Francisco Juízo. – Curitiba, 2015.
95 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. Jose Guilherme Prata

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 03/03/2015.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Painéis de madeira. 2. Costaneiras. 3. Eucalipto. 4. Teses. I. Rocha, Marcio Pereira da. II. Klitzke, Ricardo Jorge. III. Prata, José Guilherme. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.832

PARECER

Defesa nº. 1103

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Claudio Gumane Francisco Juizo* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**APROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS EM SERRARIA DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS EGP**", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS.

Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Primeiro examinador

Dr. Setsuo Iwakiri
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. Márcio Pereira da Rocha
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 03 de março de 2015.

Antonio Carlos Batista
Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Ao meu Pai Francisco Juizo (in memoriam) e a minha mãe Cecília Tacarindua

Aos meus irmãos Ana Bela da luz, Inês Palmira, Celso Paulo e Jucélio

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná pela confiança e oportunidade oferecida para minha formação;

Ao Instituto Superior Politécnico pela oportunidade oferecida de continuar a carreira de pesquisador;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha pelos ensinamentos e incentivos durante a realização deste trabalho;

Aos meus Co-orientadores, Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke e Prof. Dr. José Guilherme Prata pelas sugestões, críticas e auxílio nos trabalhos laboratoriais; a Prof^a Rosilani Trianoski pelas sugestões e apoio no trabalho

Ao prof. Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano, pela confiança, estímulo e contribuição na minha formação;

A MADEMAPE-Madeiras, pela disponibilização do material para a realização desta pesquisa;

Aos funcionários da Marcenaria Sr. Vitor Daniel Herrera e Sr. Ademir José Cavalli, a técnica do laboratório de propriedades da madeira Maurici Tores dos Santos

Agradeço a minha família em especial a minha mãe pela paciência, motivação, força e compreensão, sempre me apoiando nos momentos mais difíceis, tentando me colocar no caminho certo dos desafios da vida, a Andreia Massamby que mesmo distante sempre esteve presente, desejando sorte e dando força para que este Mestrado fosse concluído;

Aos amigos Arnaldo Uetela, Narciso Bila, Estevão Chambule, Reinaldo Luís, Anabela Fernandes, Aires Banze, Felix Banze, pela amizade, convívio e apoio prestado durante a minha formação no Brasil;

Aos companheiros e amigos dos laboratórios de Secagem, Propriedades, anatomia e Painéis de madeira: Pedro Lício, Douglas Edson, Lineia Zehn, Raquel Marchesan, Rafael Braz, Ramiro Faria, Elaine Lengowski, Pedro Cademartori e Rafael Azambuja, pela amizade e convívio;

Ao CNPQ-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro a esta pesquisa;

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, recebam o meu obrigado.

Epígrafe

Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. Onde X é trabalho; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada, pois o único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização de costaneiras obtidos no desdobro de toras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* para obtenção de sarrafos para produção de painel colado lateralmente misturados pelas duas espécies, com emendas *finger joint*. Para o efeito foram selecionadas 30 toras que foram previamente agrupadas em 15 toras por cada espécie divididas em três classes diamétricas compostas por 5 toras para as duas espécies. Em seguida se determinou o volume de toras, volume e rendimento em madeira serrada, volume e rendimento em serragem, e finalmente o volume e rendimento em costaneiras, pelo método de balanço de material. Posteriormente fez-se a obtenção de sarrafos a partir das costaneiras, seguindo-se da quantificação do rendimento dos mesmos por cada classe diamétrica. Na mesma sequência que foram coletados corpos de prova para determinação das propriedades físicas das duas espécies de eucalipto utilizadas. Os sarrafos foram secos e usinados nas dimensões finais para a montagem dos painéis, através da união de topo utilizando o adesivo Polivinil acetato e colagem lateral utilizando o adesivo Emulsão polimérica de isocianato. Após a montagem dos painéis fez-se a avaliação da qualidade dos elementos colados, através de ensaios de flexão estática e tração paralela para as emendas de topo em corpos de prova previamente submetidos no pré-tratamento seco, pré-tratamento a elevadas temperaturas e em pré-tratamento de 3 ciclos. Em seguida realizaram-se ensaios de cisalhamento para avaliação da resistência da linha de cola. Os resultados demonstraram que a massa específica das duas espécies foram estatisticamente diferentes, porém o mesmo não se observou com a contração radial, tangencial, longitudinal e volumétrica, avaliadas nas duas espécies de eucalipto. Para *E. grandis* verificou-se um aumento do rendimento em costaneiras com o aumento da classe diamétrica, e um maior rendimento em sarrafos na menor classe diamétrica. Porém, para *E. saligna* verificou-se redução do rendimento em costaneiras com o aumento da classe diamétrica, e semelhante a *E. grandis*, o maior rendimento em sarrafos foi observado na menor classe diamétrica. Os painéis montados atenderam os requisitos mínimos de qualidade de colagem de topo para os três pré-tratamentos submetidos, tanto em resistência a tração paralela, assim como na resistência em flexão estática. Para os mínimos requisitos de colagem lateral estabelecidos pela norma, sendo por isso recomendado a utilização dos painéis produzidos, no ambiente seco e úmidos.

Palavras chaves: *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, rendimento, sarrafos, Polivinil acetato, Emulsão polimérica de isocianato adesivos.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the adaptability of using slabs obtained in sawing logs of *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus grandis* for obtaining battens for production of edged glued panel mixed by the two species, with finger joint seams. For this purpose were selected 30 logs previously grouped into 15 logs for each species divided in three diameter classes composed by five logs, for the two species. Then was determined the volume and yield of logs, volume and yield of sawn timber and volume and yield of sawdust, and finally the volume and yield of slabs using material balance method. After that was obtained the battens from slabs, Follow up The quantification of yield for diameter classes. In the same sequence that has been collected specimens to determine the physical properties of two species of eucalyptus used. The battens were dried and machined to the final dimensions of the assembly of panels through the butt splice using the adhesive and polyvinyl acetate side bonding using the adhesive emulsion polymer isocyanate. After mounting the panels, made up the assessment of the quality of glued elements through bending tests and tension parallel to the top amendments in specimens previously submitted in the dry pretreatment, pretreatment at high temperatures and pretreatment of 3 cycles. Then was carried out, shear tests for evaluating the glue line resistance. The results showed that the specific gravity of the two species were different, but the same can not be observed with the radial, longitudinal and volumetric shrinkage evaluated in two species of Eucalyptus . For *E. grandis* there was an increased yield of slabs with increased diameter class, and a higher yield of battens on the lower diameter class. However, for *E. saligna* found the reducing of the yield of slabs with increased of diameter class, and, as in *E. grandis* the greatest yield of battens was observed in the lower diameter class. The assembled panels met the minimum requirements of top quality bonding for the three submitted pretreatments, both in shear strength, as well as in bending resistance. For minimum edge gluing requirements set by the standard and is therefore recommended the use of panels produced in the dry and humid environment.

Key words: *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, yield, battens, polyvinyl acetate, and polymeric emulsion of isocyanate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Emendas dentadas para uniões finger joint A- Finger joint estrutural horizontal. B- Finger joint vertical estrutural, C-Finger joint não estrutural	25
FIGURA 2. Layout do processo produtivo da serraria. 1-Plataforma de Recebimento de Tora; 2 - Corrente de Esteira Para Toras; 3-Carro Transportador de Tora; 4-Serra Fita; 5-Serra Circular Multipla (Refiladeira); 6-Mesa de Roletes; 7-Virador de Toras, 8-Serra Circular Destopadeira;9-Corrente de Esteira Para Residuo;10-Picador de Residuos, 11-Cilo de Armazenagem.....	35
FIGURA 3. Processo de obtenção de costaneiras e sarrafos na serraria. A: Desdobro da tora; B:Obtenção da costaneira; C: Obtenção de sarrafos a partir das costaneiras	38
FIGURA 4. Resumo das etapas do processo de produção dos painéis.....	40
FIGURA 5. Etapas de montagem das emendas de topo dos sarrafos. A: Fresa para confecção de ranhuras; B: Sarrafos com ranhuras; C: Sarrafos Prensados; D; Prensa hidráulica.....	41
FIGURA 6. Colagem Lateral e Montagem dos painéis; A: Rolo aplicador de adesivo; B Prensagem lateral dos sarrafos.....	42
FIGURA 7. Modelo esquemático dos pre-tratamentos utilizados para avaliação da qualidade dos painéis.....	43
FIGURA 8. Contração na madeira das espécies E. grandis E E. saligna. CR: Contração radial; CT: Contração tangencial, CL: Contração longitudinal; CV: Contração volumétrica, CA: Coeficiente de anisotropia.	50
FIGURA 9. Variação da resistência em flexão estática em função da massa específica dos painéis	66
FIGURA 10. Variação da resistência em tração paralela em função da massa específica dos painéis.....	67
FIGURA 11. Variação do porcentual de falhas nas faces coladas em função da resistência em cisalhamento dos painéis $F=12,004E0,021MOR$; $R=0,58$; *significativo a 95% de probabilidade.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DOS ADESIVOS EPI E PVA EM FUNÇÃO DO AMBIENTE DE USO	33
TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA A COLAGEM DO ADESIVO DE ACORDO COM A EN-204.....	33
TABELA 3. RESUMOS DAS ESPECIFICAÇÕES DETERMINADAS PARA OS ADESIVOS EPI E PVAC.....	40
TABELA 4. VALORES DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E UMIDADE DA MADEIRA DAS ESPÉCIES <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Eucalyptus saligna</i>	46
TABELA 5. VALORES DE VOLUME DA TORA, RENDIMENTO EM SERRADOS, SERRAGEM E COSTANEIRAS OBSERVADOS PARA E. <i>grandis</i> E E. <i>saligna</i> POR CLASSE DIAMÉTRICA.....	55
TABELA 6. RENDIMENTO EM SARRAFOS ÚMIDOS, SECOS E USINADOS POR VOLUME DE TORAS DE E. <i>grandis</i> e E. <i>saligna</i> DESDOBRADAS POR CLASSE DIAMÉTRICA.....	59
TABELA 7. VALORES DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE COM MADEIRAS <i>Eucalyptus grandis</i> E <i>Eucalyptus saligna</i>	62
TABELA 8. MODELOS PARA VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA e TRAÇÃO PARALELA DOS PAINÉIS EM FUNÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA A 95% DE PROBABILIDADE	68
TABELA 9. VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO, PORCENTAGEM DE FALHAS E QUINTO PERCENTIL INFERIOR DOS PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE.....	70

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1. ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	89
APÊNDICE 2. ANÁLISE DE RENDIMENTO, em SERRAGEM, COSTANEIRAS, e ..	91
APÊNDICE 3. ANÁLISE DE RENDIMENTO, em SERRAGEM, COSTANEIRAS, e SARRAFOS POR CLASSE DIAMETRICA PARA O <i>E.saligna</i>	93
APÊNDICE 4. ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS PAINEIS.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira de Produtos Processados Mecanicamente; ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

ASTM – “*American Society for Testing and Materials*” – Sociedade Americana para Teste e Materiais;

COPANT – Comisión Panamericana de Normas Técnicas – Comissão Panamericana de Normas Técnicas DAP – Diâmetro à Altura do Peito.

EGP – “*Edge Glued Panel*” - Painel Colado Lateralmente; EN – European Norm – Norma européia.

EPI – Emulsão Polimérica de Isocianato

LPF–Laboratório de Produtos Florestais MOR – Módulo de Ruptura.

PMVA – Produto de Maior Valor Agregado;

PVAc – Polivinil Acetato;

SWP – “*Solid Wood Panel*” - Painel de Madeira Maciça;

LISTA DE UNIDADES

cP – Centipoises; g – Gramas; g/m² – Gramas/metro quadrado kPa – Quilopascal;

kgf/cm² – Quilograma força/centímetro quadrado; km² – Quilometro quadrado; m –

Métro; m³ – Métros cúbicos; MPa – Megapascal; mm – Milímetro

N/mm² – Newton/milímetro quadrado; pH – Potencial de Hidrogênio °C – Graus celsius.

% – Porcentagem

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
1.1.Problema de estudo e justificativa	12
1.2.Objetivos	13
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	13
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
2.REVISÃO BIBLIOGRAFICA	14
2.1.Espécies utilizadas	14
2.1.1. <i>Eucalyptus grandis</i>	14
2.1.2. <i>Eucalyptus saligna</i>	16
2.2.Produção de subprodutos em serraria	17
2.3.Secagem de subprodutos da madeira de Eucalipto	18
2.4.Fatores que afetam a secagem de madeira	19
2.5.Uso de subprodutos para produção de painel.....	21
2.6.Painel de madeira	23
2.6.1. <i>Princípio de colagem</i>	23
2.6.2. <i>Emendas de topo (finger joint)</i>	24
2.6.3. <i>Juntas laterais da madeira</i>	26
2.7.Painel colado lateralmente	27
2.8.Fatores que afetam a colagem de madeira	28
2.8.1. <i>Fatores inerentes a madeira</i>	28
2.8.2. <i>Fatores inerentes ao adesivo</i>	29
2.8.3. <i>Fatores inerentes ao processo de colagem</i>	31
2.9.Classificação dos adesivos PVAc e EPI de acordo com a resistência e o ambiente de uso	32
2.10.Utilização e importância dos EGP	34
3.MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1.Caracterização da empresa	35
3.2.Avaliação das propriedades físicas da madeira	36
3.3.Rendimento em costaneiras.....	36
3.4.Rendimento final em sarrafos secos e usinados	38
3.5.Montagem dos painéis	39
3.5.1. <i>Colagem de topo</i>	40

3.5.2. Colagem Lateral	41
3.6. Avaliação da qualidade dos painéis	42
3.6.1. Resistência à colagem de topo – “finger joint”	43
3.6.2. Resistência a colagem lateral	44
3.7. Análise de dados	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1. Caracterização física dos subprodutos	46
4.1.1. Massa específica básica e umidade da madeira	46
4.1.2. Variação dimensional da madeira	49
4.2. Rendimento em Subprodutos	54
4.2.1. Rendimentos em subprodutos de <i>E. grandis</i>	55
4.2.2. Rendimento em subprodutos de <i>E. saligna</i>	57
4.3. Rendimento final em sarrafos aproveitados	59
4.3.1. Perdas de volume em secagem e usinagem	59
4.3.2. Rendimento em sarrafos para <i>E. grandis</i>	60
4.3.3. Rendimento em sarrafos para <i>E. saligna</i>	61
4.4. Caracterização dos painéis colados lateralmente	62
4.4.1. Resistência à flexão estática e tração	62
4.4.2. Variação da resistência em função da Massa específica	65
4.4.3. Modelos ajustados para variação da resistência	68
4.4.4. Resistência ao cisalhamento	70
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	74
5.1. Conclusões	74
5.1.1. Em relação as Propriedades físicas das espécies	74
5.1.2. Em relação ao rendimento final aproveitado	74
5.1.3. Em relação às emendas de topo dos painéis:	74
5.1.4. Em relação a colagem lateral dos painéis:	75
5.2. Recomendações:	75
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	76

1. INTRODUÇÃO

As florestas plantadas desempenham um papel importante para a sociedade e para a economia, pela diversidade de produtos que dela são aproveitados além da geração de emprego e bem-estar. No Brasil as áreas reflorestadas fazem cerca de 6.732.141ha, onde, 5.102.030ha são somente plantações de eucalipto na sua maioria concentradas na Região Sudeste em resultado do significativo número de empresas que processam os seus produtos. Essas plantações geram anualmente cerca de 207.766.039 m³ de madeira em tora para ser utilizada nos diversos segmentos industriais incluindo o processamento mecânico que consome cerca de 7.034.315 m³ deste volume (ABRAF, 2012).

Fazendo uma comparação deste volume, com os dados de volumes de madeira plantados nos anos anteriores, é possível perceber que as áreas plantadas com eucalipto vêm aumentando significativamente ano após ano, em função da demanda, e do aumento do consumo deste produto.

Esse aumento do consumo de madeira é acompanhado pelo número de empresas que vêm surgindo principalmente, no processamento primário e secundário da madeira de eucalipto. Sendo comum se observar perdas de madeira, em resultado do baixo aproveitamento da matéria prima, havendo cada vez mais necessidade de se aumentar a quantidade da mesma para a obtenção de maiores volumes de produto durante o desdobro primário e secundário na indústria.

É importante ressaltar que, grande parte do volume do produto final obtido e no processamento tem valor conhecido, e pela sua importância, os mesmos são destinados aos mercados de móveis, construção civil, embalagens entre outros.

Setores esses que nos últimos anos também vêm aumentando em número de indústrias, em resultado da sua estrutura produtiva simples que favorece a pulverização industrial, que vai sendo composto por médias e pequenas empresas, com uma estrutura de produção tipicamente familiar em função da simplicidade e utilização de equipamentos de custos relativamente baixos para sua instalação (WIECHETECK, 2009).

Considerando este cenário, e em resultado de estudos feitos nessas pequenas e médias empresas, reforça-se cada vez mais a afirmação de Wiecheteck (2009), Abreu et al. (2009) entre vários outros autores, que a atividade de

processamento de madeira de eucalipto no Brasil, e em outros polos do mundo, é altamente geradora de subprodutos que na maioria das vezes são tratados como resíduos.

Sendo que par o caso da madeira de Eucalipto, o principal destino destes subprodutos, é a sua utilização em caldeiras para geração de energia e por vezes são até descartados, contribuindo assim na degradação ambiental, perda significativa para a indústria, redução de oportunidade de emprego para as comunidades locais, especialmente nas regiões dos países em vias de desenvolvimento, em que se podem utilizar os subprodutos como fonte alternativa para geração de renda. Uma vez que, os subprodutos têm grande potencial social e econômico, que permanece ainda pouco explorado.

Uma alternativa, o seu aproveitamento como matéria-prima para confecção de produtos já conhecidos no mercado, porém, obtidos a partir de subprodutos das serrarias como matéria-prima, para o desenho de componentes ou partes de móveis como armação de cadeiras, camas e berços, tampos de mesa etc., através da confecção de produto de maior valor agregado como são o caso dos painéis colados lateralmente.

Esses subprodutos, são obtidos na sua maioria em forma de costaneiras, e tecnologicamente, é considerada a parte do tronco formada por lenho adulto, região normalmente constituída por madeira mais estável e com melhores qualidades tecnológicas pelo que o seu aproveitamento para produção de produtos de maior valor agregado como por exemplo os painéis colados lateralmente, pode viabilizar ainda mais a madeira.

Este tipo de produto de maior valor agregado, é comum no mercado moveleiro, entretanto a grande maioria é produzida com espécies de pinus, além de serem obtidos através da usinagem de peças inteiras, com grandes dimensões de madeira serrada previamente classificada, que posteriormente é transformada em sarrafos.

Dando-se assim, pouco valor aos descartes da madeira, que podem servir também como matéria-prima e uma alternativa vantajosa, para ganhar por baixo valor, peças que sirvam para criar produtos inteiros e de maior valor agregado no mercado.

1.1. Problema de estudo e justificativa

Muitas indústrias de processamento da madeira, tratam seus subprodutos como se fossem resíduos ou mesmo lixo resultante do processo produtivo, encontrando assim dificuldades para destinação dos mesmos. Geralmente, esses subprodutos são destinados para geração de energia na caldeira e por vezes são mesmo descartados e depositados em áreas inapropriadas causando poluição e sérios problemas ambientais, ou mesmo problemas relacionados com o aterro sanitário (ABREU *et al.*, 2009).

Assim sendo, uma forma de minimizar tais problemas é a reutilização dos descartes, podendo ser aproveitados pela própria indústria ou mesmo vendidos para terceiros, para serem aplicados em outros usos com o intuito de agregar valor aos mesmos.

Neste contexto os descartes de madeira de eucalipto deixarão de ser tratados como resíduos, deixando de serem vistos como um problema passando a ser mais uma fonte alternativa de matéria prima para a indústria de processamento de madeira contribuindo também na geração de lucro (LIMA & SILVA, 2005).

Uma das soluções com vista à sua reutilização é o seu uso na produção de painéis colados lateralmente, um produto bem conhecido no mercado e muito utilizado na indústria moveleira, uma vez que a sua produção não necessita de uso de madeiras de grandes dimensões e abdicam de muitas exigências, podendo adequar a sua produção com o tipo do produto final desejado, em função da madeira disponível.

Por outro lado, esta forma de aproveitamento, além de viabilizar mais a madeira, favorece também as pequenas e médias indústrias no setor de processamento da madeira, que são as mais desfavorecidas, passando assim a utilizar estes subprodutos como matéria prima de baixo custo para produção de painéis e com isso aumento de renda.

Assim sendo, e pelo fato de serem poucos os estudos que apresentam alternativas técnicas e eficazes para o aproveitamento de subprodutos provenientes do processamento de madeira de eucalipto, desenvolveu-se esta pesquisa como forma de complementar a literatura existente em relação ao aproveitamento desses subprodutos, para a produção de painéis colados lateralmente mesclados, com subprodutos obtidos de duas espécies de eucalipto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliação da utilização de sarrafos das costaneiras de madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* para produção de painéis colados lateralmente mesclados.

1.2.2. Objetivos específicos

Caracterizar as propriedades físicas da madeira da costaneira utilizado para produção dos painéis colados lateralmente.

Quantificar o rendimento em costaneiras e em sarrafos secos e usinados obtidos desdobro de toras *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

Avaliar a qualidade dos painéis colados lateralmente produzidos, com sarrafos das costaneiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Espécies utilizadas

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Mirtaceae, nativo da Austrália, tendo se reportado algumas espécies endêmicas no Timor e em algumas ilhas da Indonésia, sendo exótico em todas as outras partes do mundo (ELDRIDGE *et al.*, 1994).

Os primeiros plantios datam do início do século XVIII na Europa, Ásia e na África. No entanto, atualmente no Brasil este gênero vem se destacando por possuir excelente desempenho no setor florestal, tendo sido largamente plantado pelas empresas produtoras de celulose e papel, e algumas empresas de processamento mecânico, fruto das condições climáticas e da tecnologia desenvolvida pelas empresas e instituições de pesquisa do país (ABRAF, 2012; MORAES, 2008).

Do potencial produtivo de espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, foram tomadas como destaque o *E. grandis* e o *E. saligna* que são as duas espécies utilizadas nesta pesquisa, pela sua ampla disponibilidade na maioria das indústrias facto que as coloca com maior vantagem e relação as outras espécies do mesmo gênero.

2.1.1. *Eucalyptus grandis*

O *E. grandis* é representado por árvores, geralmente com 45-55 m de altura e 1,2 a 2 m de DAP. Porém alguns espécimes podem atingir 75 m de altura e exceder 3 m de DAP. O tronco é reto de forma cilíndrica possuindo casca lisa coberta por pó branco à cinza pálido e raramente azulada (MC MAHON *et al.*, 2010).

A espécie apresenta uma madeira com o cerne e alburno distintos, sendo o alburno rosado, estreito, variando de 2 cm a 2,5 cm de espessura e o cerne é róseo claro. A madeira possui pouco brilho; grã direita a inclinada; textura fina à média; macia para o corte em lâminas de serras (MARCHIORI & SOBRAL, 1997; SIMULA & TISSARI, 1998; ALFONSO, 1987).

Vários autores estudando as propriedades físicas na madeira desta espécie observaram que a massa específica básica da madeira, é uma variável que fornece

mais informações sobre as características da madeira, verificando-se mesmo que a variação da massa específica, influência diretamente sobre as outras propriedades incluindo a contração da mesma.

Nesta linha de pensamento, Kollmann & Côté (1984), chegam mesmo a afirmar que dentre todas as propriedades que definem a qualidade da madeira, a massa específica é a propriedade mais utilizada, sendo considerada de maior importância na fabricação de produtos de madeira, pois representa um reflexo das demais propriedades. No entanto a mesma não deve generalizar todas as variações existentes na madeira.

Assim sendo, estudos feitos pelo IPT (2003) determinaram valores de massa específica básica de $0,42 \text{ g/cm}^3$ sendo que a mesma madeira a 15% de umidade apresentou $0,50 \text{ g/cm}^3$. Rocha (2000) estudando *E. grandis* como uma fonte de matéria prima para serrarias, afirma a existência de uma variação na massa específica de $0,46 \text{ g/cm}^3$ a $0,48 \text{ g/cm}^3$ nas classes diamétricas de 19-24 e 25-30cm respectivamente, sendo também próximo de $0,49 \text{ g/cm}^3$, valor médio encontrado por Rozas Melado (1993).

Todavia, estes valores diferem um pouco com os intervalos de variação de massa específica estabelecidos por Acosta (1999), tendo o mesmo encontrado valores de $0,35$ a $0,50 \text{ g/cm}^3$ no estudo para o uso da madeira de *E. grandis*, classificando-a como sendo madeira leve.

Considerada por vários autores como sendo uma madeira de moderada durabilidade natural, esta espécie é vista como sendo excelente para serraria, no entanto, requer o uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento que são as principais causadoras de defeitos na madeira, principalmente em árvores obtidas de plantações jovens (IPT, 2003).

Ainda segundo IPT (2003), esta espécie apresenta valores em torno de 5,3% na contração radial, 8,7% na contração tangencial e 15% na contração volumétrica, sendo que estes valores são relativamente abaixo dos resultados encontrados por Rocha (2000).

Porém os valores de contração radial citados pelo IPT (2003) são próximos do valor encontrado por Lelles & Silva (1997) situado em 5,5% e por Acosta & Sepiarsky (2005) situado em 5,8%. No entanto, estes autores encontraram resultados de contração, relativamente acima dos resultados de outros estudos, diferindo também com os resultados citados nos estudos feitos na Austrália onde ela é nativa, tendo

sido determinada uma contração tangencial de 8,9%, assemelhando-se assim aos resultados do IPT (2003).

Os fatores que ocasionam essa diferença de contração na madeira, são de grande importância, pois como se sabe a relação entre contração tangencial e radial, permite-nos aferir a estabilidade dimensional da madeira. Neste contexto, segundo Acosta (1999), a madeira de eucalipto de uma forma geral, é pouco estável ocasionando problemas durante o processamento, sendo por isso em algumas ocasiões indispensável a utilização de tecnologias na sua industrialização como forma de reduzir o efeito da instabilidade dimensional na madeira.

2.1.2. *Eucalyptus saligna*

O *E. saligna* é uma árvore com 30 a 50 m de altura e um DAP de até 2 m. Alguns espécimes excepcionais podem crescer até 65 m de altura e alcançar um diâmetro de 2,5 m. O tronco é geralmente de forma excelente, reto e cilíndrico com ramos variando de 1/2 à 2/3 da altura total da árvore. A casca é áspera e persistente, geralmente acastanhada à acinzentada (ORWA *et al.*, 2009).

A sua madeira é clara e medianamente leve, apresentando uma evidente distinção entre o cerne e alburno com uma baixa durabilidade natural. Alzate (2004) caracterizando clones de eucalipto, encontrou uma massa específica média de 0,47 g/cm³ para a madeira de *E. saligna*.

No entanto Tomazello Filho (1985b) analisando a variação radial da massa específica básica em duas procedências de *E. saligna* com 10 anos de idade obteve valores médios de massa específica básica de 0,43 g/cm³ e 0,50 g/cm³, resultados estes que são considerados próximos das massas específicas básicas encontradas por Trugilho *et al.* (1996) na madeira de *E. saligna* aos 24, 36 e 48 meses situadas em 0,44 g/cm³, 0,50 g/cm³ e 0,52 g/cm³, respectivamente.

Como se sabe e conforme citado anteriormente sobre o que acontece na madeira de várias espécies, a madeira de *E. saligna* também sofre variações nas suas dimensões, as quais se tornam mais acentuadas abaixo de ponto de saturação das fibras. Neste sentido a determinação das contrações que ocorrem abaixo do PSF determinadas por Oliveira & Silva (2003) na madeira de *E. saligna* foram de 7,67%, 14,83% e 26% para a contração radial, tangencial e volumétrica, respectivamente.

2.2. Produção de subprodutos em serraria

Os subprodutos ou resíduos de serraria são definidos como perdas decorrentes do desdobro primário e secundário, como também da utilização da madeira (NUMAZAWA *et al.*, 2003). Como referido anteriormente, as espécies de eucalipto têm se mostrado promissoras na atividade industrial madeireira, pois a suas madeiras apresentam-se como sendo excelentes para serraria, apesar de necessitar de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento que é um dos grandes problemas em serraria.

Com o aumento da sua utilização em serraria em substituição de algumas espécies de madeira tropical, a madeira de eucalipto assim como outras madeiras de florestas plantadas, também contribuem na geração de subprodutos. Segundo Finotti *et al.* (2006) o volume de perdas destas espécies em serraria pode atingir 40%, resultados estes que também foram obtidos por Gerwing *et al.* (2000), avaliando em cerca de 60% o rendimento em madeira serrada em serrarias que processam madeira de reflorestamento.

Se comparado com estudos realizados com madeira tropical, essas perdas podem ser consideradas baixas, pois Marchesan (2012) obteve valores relativamente baixos de rendimento o que sugere altos volumes de perdas, no entanto a autora separou os seus resultados em classe de qualidade de madeira, fato que influencia no volume final do rendimento. Os seus resultados estão de acordo com muitos autores que estudaram o rendimento em serrarias, sendo que, alguns autores avaliando serrarias que processam madeira tropical, encontraram valores de rendimento ainda mais baixos.

Nesta linha de pensamento, e analisando os valores de rendimento das serrarias, pode se observar que uma boa quantidade de madeira é perdida na forma de subprodutos que podem ser reaproveitados, e de acordo com Brand & Hassegawa (2005), as principais formas de perdas ocorrem também na forma de cavaco com casca, serragem.

Do diagnóstico geral que se pode fazer sobre a situação da maior parte dos subprodutos gerados nas serrarias, estes seguem a classificação de IBDF/DPq - LPF (1998) segundo a qual os subprodutos gerados de madeira podem ser de vários tipos nomeadamente: serragem—subproduto originado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras; cepilho - conhecido

também por maravalhas, subproduto gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadora; lenha –subproduto de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas e refilos, subproduto de topo de tora, restos de lâminas.

Por outro lado, Numazawa *et al.* (2003), na sua classificação considera resíduos a casca, a costaneira, as pontas, as aparas, as lascas, os nós, o pó de serra e as maravalhas. Em um outro estudo, porém com madeira tropical Melo *et al.* (2012), caracterizando e quantificando resíduos de serraria no estado do Pará observou que o maior percentual de resíduos formados se constituiu de aparas, seguidas por costaneiras e serragem.

2.3. Secagem de subprodutos da madeira de Eucalipto

A secagem da madeira pode ser feita convencionalmente em estufas, na qual há um total controle das variáveis de secagem como a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, assim como pode ocorrer naturalmente, por ação de fatores climáticos. Dependendo do uso final da madeira, a secagem natural pode ser utilizada como uma pré-secagem ou mesmo secagem definitiva (PONCE & WATAL, 1985; JANKOWSKY *et al.*, 2003).

Porém, no caso da madeira de espécies de eucalipto são consideradas como difícil de secar, pelo que tanto na secagem natural assim como na secagem convencional, podem ocorrer defeitos de secagem como colapso, empenamentos e rachas. A secagem em estufa deve ser feita com programas de secagem suaves, combinando por exemplo, baixas temperaturas com altas umidades relativas.

É recomendável a secagem ao ar ou o uso de pré-secador, antes da secagem em estufa para a maioria das madeiras de reflorestamento e com isso proporcionar melhoria das características e trabalhabilidade da madeira, além de reduzir a variação dimensional e aumentar a resistência a biodegradação a que muitos produtos de origem orgânica e celulósica estão sujeitos (TSOUMIS, 1991; SIAU, 1995).

Segundo Louzada *et al.* (2002) a tendência atual mostra a utilização da secagem em estufa, por ser mais rápida e o teor de umidade ser reduzido até ao valor pretendido sem dependência das condições climáticas e com melhor controle dos defeitos de secagem. Geralmente, a madeira das espécies de eucalipto é considerada

de secagem lenta e difícil, como resultado da sua baixa permeabilidade que ocasiona o acentuado gradiente de umidade e consequente formação de tensões de secagem.

Assim sendo, durante a secagem as camadas superficiais da madeira ficam sob esforço de tração e no centro da madeira fica sob esforço de compressão, ocasionando colapso, fendas superficiais e de topo e empenos de diferentes formas que na maioria das vezes limitam a utilização da madeira (JANKOWSKY *et al.*, 2000; SEVERO, 2004).

Nota-se que a secagem da madeira de Eucalipto emprega baixas temperaturas, o que implica em longos tempos de secagem permitindo que durante a secagem praticamente todos os defeitos inclusive os associados com as tensões de crescimento e tensões de secagem se manifestem, podendo ocorrer para além dos defeitos acima citados, o aparecimento de gradiente de umidade e endurecimento superficial (NEUMANN, 1990).

Neste contexto Calonego *et al.* (2006) afirmam que o emprego mais nobre da madeira de eucalipto tem causado frustrações durante seu processamento devido ao aparecimento destes defeitos, o que proporcionam consideráveis perdas de matéria-prima e consequentes perdas econômicas.

Todos estes defeitos que surgem na madeira fazem com que a secagem seja considerada a fase mais importante do processamento da madeira, e se esta for mal executada condiciona quase que na totalidade a viabilização da madeira. Por outro lado, estes defeitos, podem estar associados não só pelas variáveis da secagem, mas também em decorrência das tensões originadas pela estrutura anatômica em resultado da rápida perda de água na madeira, os mesmos são geralmente associados a fenômenos que ocorrem durante o crescimento da árvore, assim como fenômenos ligados ao ambiente em que a madeira é seca (HILLIS & BROWN, 1978).

2.4. Fatores que afetam a secagem de madeira

Quando se realiza a secagem da madeira, é necessário ter em consideração vários fatores que podem influenciar a secagem entre eles destacam-se o tipo de espécie, pois tem forte influência na velocidade de secagem, visto que as madeiras apresentam uma grande variedade na estrutura anatômica, que são mais ou menos favoráveis à secagem (STEIN, 2003).

No entanto a madeira do gênero *Eucalyptus*, apresenta dificuldades de secagem devido a presença de pontuações de pequeno diâmetro, e distribuição difusa dos poros características essas que tornam a secagem mais lenta, Pinheiro (2013). Deste modo, em algumas madeiras os vasos ou traqueídeos são muito abundantes ou muito largos e abertos, o que contribui para boa circulação da umidade interna e consequentemente maior facilidade e velocidade de secagem, em função de uma estrutura anatômica que favorece a eliminação da umidade (STEIN, 2003).

Estas variações estão relacionadas com a massa específica, uma das mais importantes propriedades, que varia com o tipo de madeira, ou seja, uma mesma espécie ou mais especificamente uma mesma árvore é constituída por diferentes tipos de madeira com diferentes estruturas anatômicas e diferentes massas específicas (STEIN, 2003).

Entre as principais diferenças destacam-se a madeira de cerne e alburno, cada uma delas com diferente massa específica apresentando maior ou menor velocidade de secagem, segundo Rezende (2009) o alburno, por se tratar de células vivas para condução de líquidos, apresenta alta umidade e maior velocidade de secagem. Já o cerne não apresenta conteúdos elevados de umidade devido à presença de substâncias fenólicas contidas em suas células, que reduzem a circulação de ar na madeira.

O teor inicial de umidade é outro fator a ser considerado uma vez que maior umidade inicial na madeira torna a secagem da madeira mais lenta (KLITZKE, 2003). É comum em muitas espécies de madeira o alburno necessitar de maior tempo de secagem que o cerne, mesmo apresentando o alburno maior velocidade de secagem, em razão de possuir teor inicial de umidade bem mais elevado. Porém o mais comum é que em madeiras duras, a diferença entre os teores de umidade no cerne e no alburno geralmente é pequena, de tal modo que o alburno apresentando maior velocidade requer menos tempo para a secagem (STEIN, 2003).

A direção das fibras também tem grande influência sobre a secagem pois a madeira seca muito mais rapidamente na direção longitudinal que na transversal, em consequência de a estrutura anatômica da madeira ser mais favorável à circulação da umidade no sentido longitudinal fazendo com que o fluxo de umidade no sentido longitudinal seja 10 a 15 vezes maior que no transversal, sendo que esse fluxo é de 20 a 50% maior no sentido radial que no tangencial (STEIN, 2003; MARTINS, 1988).

Outros fatores relacionados com o ambiente em que a madeira seca, também têm grande influência no processo e qualidade de secagem, normalmente quanto mais alta a temperatura de secagem, maior é a taxa de secagem como resultado da alta velocidade de secagem. Maiores temperaturas implicam no fornecimento de maiores quantidades de energia as moléculas de água em menor período de tempo, (STEIN, 2003; REZENDE, 2009).

No entanto durante a secagem, para a retirada d'água livre não é necessário utilizar temperaturas elevadas, pois o efeito do aquecimento não aumenta significativamente a taxa de secagem. Assim sendo o aumento da temperatura influi na umidade relativa do ar acelerando a difusão responsável pela retirada da água presa (abaixo de 30%), (MARTINS, 1988).

Entretanto, durante a secagem é necessário que a umidade relativa seja controlada para que a evaporação da umidade superficial da madeira seja compatível com a transfusão da umidade interna (STEIN, 2003). A umidade relativa do ar, ou seja, o grau higrométrico determina a capacidade do ambiente em receber água removida da madeira, este fator está estritamente relacionado com a temperatura, pois quanto maior a temperatura maior a quantidade de água que o ar poderá conter, acelerando assim a evaporação na superfície da madeira estimulando a retirada da umidade (GALVAO & JANKOSWSKY, 1985; MARTINS, 1988).

Ainda segundo Stein (2003) a manutenção constante da temperatura resulta num aumento da velocidade de secagem mantendo-a mais alta possível a uma determinada temperatura e umidade relativa. Durante a secagem, é necessário ter suficiente velocidade de circulação do ar nas superfícies da madeira para que o ar úmido que contém a umidade evaporada da madeira e que a envolve seja substituído por outro com menor grau higrométrico favorecendo a secagem da madeira (GALVAO & JANKOSWSKY, 1985).

2.5. Uso de subprodutos para produção de painel

Nos últimos anos tem se observado que a pesquisa tem vindo a desmitificar a madeira de eucalipto por ser promissora e principalmente pelas características que a mesma apresenta, e alguma dessas pesquisas vem destacando o aproveitamento e utilização da madeira de eucalipto para produção de painel. Segundo Vieira (2011) a produção de painel é uma alternativa fácil para o reaproveitamento de subprodutos de

serrarias, e uma solução para o gerenciamento da madeira originando um produto com um alto valor agregado, para ser utilizado na indústria moveleira.

Esta abordagem está de acordo com Campos & Lahr (2002), segundo os quais os subprodutos madeireiros agregam uma fonte de matéria-prima para diversos empregos que não sejam energéticos como são a produção de pequenos objetos de madeira, móveis rústicos e produção de painéis. Esta última permite um amplo aproveitamento de subprodutos, principalmente pela baixa limitação dimensional que necessita.

No entanto segundo Melo *et al.* (2012) a fraca utilização de subprodutos de madeira se encontra principalmente na inadequação de uso da matéria-prima, quanto na falta de conhecimento das propriedades tecnológicas básicas da madeira, fato que acarreta, conseqüentemente, a aplicação de tecnologias inapropriadas para seu processamento. Sendo que o conhecimento necessário para a solução desses problemas passa pela caracterização do rendimento produtivo dessas indústrias, dos fatores geradores de resíduos, do volume e do tipo de resíduos existentes e da sazonalidade da geração dos mesmos, além dos possíveis usos que podem ser dados a esse material

Nesta linha de pensamento vários estudos para utilização de subprodutos de madeira vêm sendo realizados com particular relevância para a produção de painéis. Iwakiri *et al.* (2000), por exemplo, estudando o uso de subprodutos de madeira de eucalipto, encontraram resultados satisfatórios na sua utilização como matéria prima para produção de painéis aglomerados. Para Bonduelle *et al.* (2003) o desenvolvimento desses estudos é imprescindível para a geração de novas fontes de matéria-prima.

Porém espera-se que os mesmos acompanhem o desenvolvimento tecnológico tornando a madeira cada vez mais importante. Por outro lado, Pereira *et al.* (2011) afirmam que para que o desenvolvimento e avanço sejam possíveis é necessário que um processo de classificação dos subprodutos seja realizado em relação às dimensões, às espécies, aos defeitos entre outros, visto que os tipos e volumes de subprodutos são muito diferenciados. A partir da separação e classificação dos subprodutos pode-se então, viabilizar e otimizar a sua aplicação.

2.6. Painele de madeira

2.6.1. Princípio de colagem

Segundo Maloney (1996), a tecnologia para obtenção dos produtos de maior valor agregado permite utilizar como matéria-prima, subprodutos da indústria madeireira, por exemplo, costaneiras e até mesmo madeira de diâmetro reduzido diminuindo a demanda de madeira industrial e a pressão sobre os recursos naturais. Marra (1992), reporta que a obtenção de um PMVA depende também das características da cola, das variáveis relacionadas com o ambiente, a estrutura morfológica da madeira, a geometria da peça e com a maneira que a madeira foi processada antes de ser colada.

Observadas estas variáveis, colar duas ou mais peças de madeira pode se tornar uma operação simples e fácil, principalmente tendo em consideração a qualidade do adesivo, pois a matéria-prima nunca é a mesma, mesmo que se usem duas ou mais peças da mesma árvore.

Esse comportamento se verifica devido às diferentes características encontradas na estrutura anatômica e na superfície de colagem da madeira. Segundo Marra (1992), a formação da liga adesiva, permite o adesivo atingir o mais próximo possível as conformações das irregularidades e rugosidades da superfície de colagem, pois se as superfícies forem suficientemente lisas e macias, quando unidas, as forças atrativas moleculares entram em ação numa distância de pequenos *angstroms* ao longo da superfície fazendo com que não seja necessário o uso de adesivos para fazer a colagem.

Este fato é também afirmado por Iwakiri (2005) segundo qual na preparação da madeira para a colagem, o aspecto relacionado com a qualidade da superfície, como aspereza e imperfeições superficiais, reduz o grau de aproximação entre duas peças a serem coladas, prejudicando o movimento do adesivo.

Por outro lado, as superfícies de madeira para a colagem nunca são suficientemente lisas pelo que há necessidade da interação entre as forças de atração das moléculas do adesivo e da madeira, contribuindo grandemente para a adesão. Mostrando assim que a adesão envolve não só fatores mecânicos, mas também fatores químicos controlando a capacidade do adesivo unir duas superfícies de madeira (FRIHART & HUNT, 2010).

No entanto Vital *et al.* (2006) citando Galembeck e Gandur (2001) afirmam que existem várias teorias que procuram explicar o fenômeno da adesão, porém nenhuma delas é capaz de justificar todos os aspectos de aderência e provavelmente, a combinação entre eles. E com relação a madeira duas das teorias mais importantes são o enganchamento mecânico e a teoria da adsorção.

Segundo a teoria do enganchamento mecânico, a penetração do adesivo num substrato poroso leva à formação de ganchos ou entrelaçamento mecânico do adesivo que se prende nas camadas superficiais da madeira após a cura e endurecimento do adesivo.

A teoria da adsorção estabelece que a adesão seja resultante do contato molecular entre dois materiais que desenvolvem forças de atração superficiais. Para que ocorra um contato íntimo e contínuo entre um adesivo e um substrato, é necessário que o adesivo umidifique a madeira, fenômeno que envolve a migração do adesivo para dentro da estrutura submicroscópica da parede celular expulsando ar, água e outros componentes estranhos à superfície de contato da madeira.

2.6.2. Emendas de topo (*finger joint*)

As emendas *finger joint*, também conhecidas por emendas dentadas representam uma descontinuidade projetada na usinagem do material em forma de dedos ou dentes, para obter maiores resistências de colagem, facilidade e economia de produção, aparência e uniformidade de desempenho do produto (MACEDO, 1996).

Estes produtos podem atingir cerca 75% da resistência da madeira sólida. E as emendas dentadas são classificadas em estrutural e não estrutural, uma classificação feita de acordo com o uso final a que se destina e em função da geometria da emenda (JOKERST, 1981; VICK, 1999).

Ainda segundo Jokerst (1981) o *finger joint* estrutural é formado por dentes longos com a largura da ponta menor enquanto que o *finger joint* não estrutural apresenta dentes curtos com largura da ponta do dente maior.

Na FIGURA 1 são apresentados exemplos de emendas mais comuns. Notase que no desenho dos dentes deve-se ter o cuidado com alguns parâmetros, pois o ideal é que a espessura da ponta deve ser pequena e não superior a 0,8 mm e uma espessura de 0,4 a 0,8 mm é no mínimo prático para pontas usinadas (VICK, 1999).

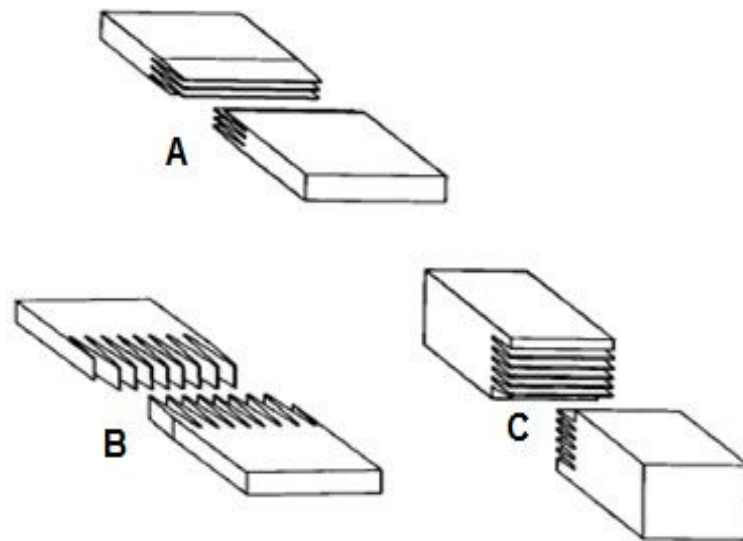


FIGURA 1 - Emendas dentadas para uniões finger joint A- Finger joint estrutural horizontal. B- Finger joint vertical estrutural, C-Finger joint não estrutural
 FONTE: Adaptado de VICK, (1999).

Para este autor é de extrema importância levar em consideração os parâmetros da geometria dos dentes que constituem o sistema *finger joint* (largura do dente, largura da ponta do dente e inclinação), pois influenciam na performance da colagem em uniões dentadas. Uma vez que são parâmetros interdependentes a mudança nas dimensões de um parâmetro ocasionará a mudança dos outros parâmetros influenciando assim na resistência do sistema *finger joint*.

Dado que são várias as variáveis que influenciam na qualidade das emendas e dos produtos de madeira colada, um controle de qualidade é fundamental para detectar os pequenos desvios da condição de produção de uma ligação adesiva.

Segundo Macedo (1996) os testes de tração e flexão são considerados os mais adequados para o controle de qualidade de emendas dentadas. Nos ensaios de flexão as tensões variam de máximas de tração na parte inferior do corpo de prova e máximas de compressão na parte superior do mesmo, submetendo a linha de cola da emenda dentada a várias combinações de tração compressão e cisalhamento que podem variar consideravelmente com as mudanças nas propriedades básicas da madeira.

Ainda segundo o mesmo autor em um ensaio de tração todos os dentes são igualmente solicitados ao esforço indicando que a linha de cola é mais uniformemente tensionada, sendo menos influenciada pelas variações das propriedades básicas da madeira.

2.6.3. Juntas laterais da madeira

A colagem lateral da madeira é também conhecida pela teoria de formação de juntas coladas de madeira, no entanto o conhecimento científico sobre a colagem em madeira de eucalipto é escasso, principalmente no que se refere a interação desta madeira com adesivos sintéticos. Segundo Vital *et al.* (2006) esta interação permite também a utilização de peças de dimensões limitadas na confecção de grandes elementos estruturais através da adesão de vários pares de peças de madeira sólida.

Nesta linha de pensamento as madeiras de reflorestamento, principalmente as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, têm-se mostrado bastante promissoras para atender à demanda das indústrias e vêm sendo bastante estudadas com o intuito de determinar as suas propriedades físico-mecânicas sob efeito da colagem (OLIVEIRA,1997; NOGUEIRA e LAHR,1992).

Prática comum tem sido a utilização de várias espécies para a composição das juntas coladas para produção dos painéis. Petrauski *et al.* (2004), avaliando o comportamento de vigas de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus sp.*, verificaram que as vigas mistas pinus-eucalipto apresentaram resistência igual às vigas de pinus-pinus, porém, as duas foram menores que as do eucalipto individualmente.

Importa ressaltar que na produção de juntas, as peças são coladas em direções paralelas às fibras, podendo ser emendadas por juntas em bisel ou dentadas (PFEIL & PFEIL, 2003).

Para Pizzi (1994) apesar de a colagem ser efetuada no sentido paralelo às fibras, uma superfície rugosa pode aumentar a adesão entre as juntas coladas. Fato confirmado por Tsoumis (1991) ao afirmar que nestas condições pode haver maior penetração do adesivo nas paredes celulares, permitindo assim um maior engajamento mecânico em várias posições da madeira.

No entanto, segundo Marra (1992), na colagem lateral de madeiras as superfícies lisas produzem uniões mais resistentes do que madeiras com superfícies rugosas já que a excessiva rugosidade facilita a captura de bolhas de ar no adesivo

usando sua descontinuidade na madeira que resulta na concentração de tensões que podem ocasionar falha prematura da união substrato-adesivo-substrato, quando as juntas coladas estão expostas à tensão.

Para se testar o desempenho de um adesivo e a capacidade de adesão da madeira as juntas coladas devem ser submetidas a testes de carregamento específico, como de cisalhamento na linha de cola para separação das suas fibras, causadas por um esforço paralelo às mesmas, permitindo assim avaliar a eficiência do adesivo na união das peças de madeira sob uma determinada temperatura e condições de umidade durante um tempo específico (KOLLMANN *et al.*, 1975).

2.7. Painel colado lateralmente

Painéis sarrafeados ou compostos por sarrafos de madeira, também chamados por painéis colados lateralmente na língua inglesa, conhecidos como "*edge glued panel*" (EGP), são painéis no qual os sarrafos de madeira com dimensões e espessuras semelhantes são acondicionados lado a lado com a presença de colas, adesivos, resina utilizada para aumentar a adesão por meio de uma prensagem realizada a frio ou na presença de calor, aumentando o valor e a vida útil da madeira. Os sarrafos podem apresentar união de topo que pode ser reta ou do tipo *finger-joint* (IWAKIRI, 2005; MATTOS *et al.*, 2008; REMADE, 2009).

Os painéis colados lateralmente são muito utilizados atualmente para a confecção de móveis, portas, pisos e também na construção civil. Com a alta demanda da madeira, este tipo de painel está ganhando espaço por utilizar pedaços de madeira para a sua confecção. Isto gera grande valor agregado ao produto final. Além disso, o que antes podia ser visto como um simples pedaço de madeira ou "resíduo" passa a ser aproveitado e transformado em produto valioso ou PMVA (ABIMCI, 2008; MAYER, 2008).

Segundo ABIMCI (2008) a maior parte desses painéis no Brasil, é produzida com madeira de pinus, embora sejam encontrados PCL's fabricados com madeira de folhosas como as de eucalipto. A versatilidade da madeira utilizada na produção deste tipo de painel é uma vantagem podendo até ser utilizada madeira do primeiro desbaste em reflorestamentos (FOELKEL, 2008).

Ainda nesta linha de pensamento, pode-se incorporar a utilização de subprodutos como as costaneiras, pelas características, por se tratar de madeira do

lenho adulto, com traqueóides longos, parede celular espessa e consequentemente maior resistência mecânica (KOLLMANN Z& COTÊ, 1984).

2.8. Fatores que afetam a colagem de madeira

2.8.1. Fatores inerentes a madeira

A mais básica descrição da madeira é ser um material celular lignocelulósico e anisotrópico, que para a química de um adesivo e eficiência do processo de colagem, esta descrição oferece informação suficiente para separar um sistema líquido-sólido compatível para a adesão da madeira.

Assim sendo, segundo Marra (1992), em relação a este material, é necessário considerar algumas variáveis como a composição da madeira, espécie da madeira, densidade, presença de extrativos, substâncias minerais, valor de pH, permeabilidade, composição em termos de celulose, lignina, presença de nós firmes ou mortos, características de resistência à deformação e estabilidade, todas estas variáveis estritamente relacionadas com as propriedades anatômicas, propriedades físicas e propriedades químicas.

Ao considerar as propriedades anatômicas da madeira, é de interesse primeiramente, os seus efeitos sobre a movimentação que o adesivo faz na estrutura da madeira, e todas as propriedades iniciam com a árvore em pé, tendo em conta as variações das características de cada parte e região do tronco na árvore.

Burger & Richter (1991) relatam que a diferença de cerne e alburno é uma característica de cada espécie, idade, sítio, solo e clima, além de outros fatores. O cerne é menos permeável que o alburno e em certas madeiras de folhosas, durante a formação do cerne ocorre a oclusão de vasos por tiloses provocando o entupimento dos poros e, consequentemente, redução da permeabilidade da madeira com relação aos fluídos.

Outros fatores são o lenho inicial e lenho juvenil, que possuem maior porosidade e anéis de crescimento largos, produzindo uma madeira com tendência a possuir inferior qualidade, pois é mais fraca, com contração e inchamento mais elevados ao longo da grã. Essa madeira é relativamente fácil para processar a colagem, devido a sua baixa densidade e estrutura porosa, porém com baixa resistência e alta instabilidade, no entanto na madeira do lenho adulto e tardio os

anéis de crescimento são formados por células robustas melhorando assim a estabilidade da colagem (MARRA, 1992).

Ainda segundo o autor, no padrão de crescimento das árvores os anéis resultantes devem ser largos ou estreitos, além de possuir diferentes proporções entre lenho tardio e inicial sendo que em árvores que possuem um crescimento uniforme durante toda a estação de crescimento produzem anéis menos distintos.

Em relação às propriedades físicas, a densidade e teor de umidade são os fatores que exercem maior influência sobre a qualidade de colagem, sendo que essas propriedades se relacionam com a porosidade da madeira.

Assim sendo, a densidade pode ser considerada como o inverso da porosidade, do ponto de vista da liga adesiva, desde que se relacione com as aberturas da madeira relativas à passagem de líquidos ou gases (MARRA, 1992). Por exemplo, em folhosas, o lenho formado por último numa estação do ano, normalmente apresenta maior número de fibras do que o lenho formado inicialmente, e desta forma, material menos poroso e com maior quantidade de lenho tardio formado, proporcionando um material lenhoso de maior densidade.

Em madeiras de coníferas, onde o lenho é quase que totalmente formado por traqueoides (proporção de até 95%), o lenho tardio possui paredes celulares mais espessas, ocasionando maior densidade nesta parte do anel de crescimento, (BURGER & RICHTER 1991).

Essas características tendem a limitar a mobilidade do adesivo na estrutura lenhosa. Quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca (MARRA, 1992).

Na formação adesiva, a porosidade também se relaciona com a grã, pois grã cruzada ou superfície de topo, pelas suas demasiadas porosidades, provocam excessiva penetração, ocasionando a linha de cola “faminta”, significando a não ocorrência da formação da linha de cola na liga adesiva (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

2.8.2. Fatores inerentes ao adesivo

Muitos são os fatores a serem considerados na seleção do melhor adesivo para uma determinada aplicação, tendo em consideração a umidade da superfície,

penetração na madeira, cura e manutenção suficiente do adesivo sob diferentes cargas e condições ambientais, assim sendo algumas variáveis que afetam a composição do adesivo tais como viscosidade, valor de pH e teor de sólido contidos no adesivo devem ser considerados (FRIHART & HUNT, 2010)

Ainda segundo os autores acima, a viscosidade ou consistência do adesivo devem ser compatíveis com o equipamento de aplicação do mesmo, seja pincel, espátula, extrusora, revestimento por cortina ou spray. Além disso, o adesivo deve ser fluido o suficiente para entrar nos espaços vazios na madeira, mas não tão fluido que a maior parte do adesivo seja espremido para fora da linha de cola causando linha de cola faminta.

Esta afirmação é sustentada por Iwakiri (2005), segundo o qual quanto maior a viscosidade menor é a penetração do adesivo na estrutura capilar da madeira, formando linha de cola mais espessa, ocasionando insuficiente interligação no sistema madeira-adesivo-madeira gerando uma qualidade inferior de colagem. No entanto quanto menor a viscosidade, maior é a penetração do adesivo e sua absorção pela madeira resultando também numa inferior qualidade de colagem.

Em relação ao pH, Iwakiri (2005); Marra (1992) definem como sendo a concentração de íons H^+ e OH^- , e numa escala de 1 a 14, o pH pode ser considerado neutro ($pH = 7$), ácido (pH 1 a 7) e alcalino (pH 7 a 14), porém o pH na madeira varia de 3 a 6. É importante considerar a influência do pH tanto da madeira quanto do adesivo que não deve ultrapassar os limites de 2,5 no mínimo e 11 no máximo.

Os adesivos, porém, têm seus valores de pH controlados e estabelecidos para produzir a solubilidade, taxa e grau de endurecimento específicos. Durante a colagem o pH da madeira pode entrar em conflito com o pH do adesivo, e com isso afetar a primeira ligação adesiva do sistema de ligação madeira-adesivo-madeira, através da coagulação ou efeito do endurecimento (IWAKIRI, 2005; MARRA, 1992).

Este fator muito provavelmente afeta também os pontos de interferência como são as ligações na camada inter-adesiva, onde ocorre a maior interação entre a madeira e o adesivo. Assim sendo, um pH muito baixo ou pH muito alto, podem provocar uma formação excessiva de espuma na mistura prejudicando sensivelmente a aplicação do adesivo (MARRA, 1992).

O autor ainda afirma que os adesivos variam consideravelmente, em relação a quantidade necessária para uma boa colagem. Teoricamente a quantidade certa

para colagem é estimada em função do teor de sólidos que determina a quantidade de solvente necessária para a formulação do adesivo.

Segundo Atual (2003) esta é uma característica importante, pois define a quantidade de massa que corresponde a parte não volátil do produto adesivo atuando diretamente sobre a tensão de deslocamento. A sua variação influencia outros parâmetros como a viscosidade e o tempo de assemblagem, definindo assim quanto tempo o adesivo permanece na superfície antes da aplicação da pressão.

Outra variável não menos importante é o gel time ou tempo de gelatinização que corresponde ao período transcorrido desde a preparação do adesivo para a aplicação até o ponto de endurecimento ou fase de gel, quando atinge máxima elasticidade. Esta variável também está relacionada com o teor de sólidos do adesivo e a velocidade necessária para o adesivo se converter do estado sólido para o estado líquido (MARRA,1992; IWAKIRI, 2005).

2.8.3. Fatores inerentes ao processo de colagem

Após a usinagem da madeira o tempo de montagem do painel, isto é, o período de tempo decorrido entre a aplicação do adesivo até a prensagem, também afeta a qualidade do mesmo. O tempo de montagem ou assemblagem deve ser tal que permita a transferência do adesivo nos sarrafos, a penetração do adesivo nas células superficiais da madeira e o seu umedecimento (PIZZI, 1994; MARRA,1992).

Ainda segundo os autores, normalmente o adesivo deve estar exposto a diferentes condições de temperatura quando em serviço. Este fator é de extrema importância, pois influencia na qualidade de colagem afetando na capacidade do adesivo se espalhar e ser absorvido pela madeira.

Por outro lado, a temperatura do ambiente em que o adesivo está exposto pode afetar o tempo de cura e de cura do adesivo. Adesivos na base de fenolformaldeído, melamina formaldeído, uréia-formaldeído e isocianato por exemplo, produzem uma boa adesão a elevadas temperaturas pelo que requerem de prensas pré-aquecidas para a sua cura.

No entanto os adesivos a base de resorcinol curam a temperatura ambiente, aumentando assim a absorção do adesivo em madeiras de baixa massa específica. Outros adesivos contendo na sua composição a emulsão polimérica de isocianatos,

poli (acetato de vinilo), resina epóxi, poliuretanos, também curam à temperatura ambiente, sendo que estes necessitam de menos tempo para adesão (FRIHART & HUNT, 2010; PIZZI, 1994)

Para os autores, a pressão é um outro fator importante pois influencia na penetração do adesivo na madeira. Esta é aplicada na madeira para garantir também o maior contato (madeira-adesivo-madeira) forçando a penetração do adesivo nos espaços vazios da madeira.

Segundo Marra (1992), a maioria dos adesivos para madeira não apresentam dificuldades para preencherem os espaços vazios da mesma, não necessitando de alta pressão para o preenchimento desses espaços e consequentemente se proceder a colagem, porém a pressão de colagem varia de acordo com a massa específica da madeira. O autor salienta que pressões muito altas podem gerar uma movimentação excessiva do adesivo, fazendo com que ele transborde para fora da junta colada enquanto que pressões muito baixas podem diminuir a penetração do adesivo na madeira.

2.9. Classificação dos adesivos PVAc e EPI de acordo com a resistência e o ambiente de uso.

Segundo Vick (1999), na seleção de adesivos a serem utilizados começa-se por considerar os tipos de madeira que serão utilizadas para a colagem, junto com algumas características de resistência e durabilidade, bem como a preparação da madeira para a colagem e as aplicações típicas entre outras.

Ainda segundo o autor importa também considerar a resistência e durabilidade do adesivo tendo em conta a classificação dos níveis de integridade estrutural a partir do esforço cooperativo das informações fornecidas pelo fabricante do adesivo, fornecedor e o utilizador.

Os três elos juntos, fazem a revisão da qualidade do produto para o ambiente de serviço a que se destina, além de todo o processo produtivo e equipamentos utilizados antes de escolher um adesivo apropriado, e para o caso dos adesivos EPI e PVAc utilizados nesta pesquisa algumas características vem apresentadas de forma resumida na TABELA 1

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DOS ADESIVOS EPI E PVA EM FUNÇÃO DO AMBIENTE DE USO

Classificação do adesivo	Ambiente de uso	Tipo de adesivo	Propriedades de resistência
Extrutural	Exterior	Emulsão polímero/isocianato	Alta resistência à ambiente seco e úmido; muito resistente em água; resistente á repetidos umedecimentos e secagem; adere a metais e plásticos.
Semi-estrutural	Exterior Limitado	Polivinil acetato “crosslinking”	Alta resistência em ambiente seco; melhora a resistência em ambiente úmido e em temperaturas elevadas.
Não estrutural	Interior	Polivinil acetato (PVAc)	Alta resistência em ambiente seco; baixa a resistência à umidade e temperaturas elevadas; produzem juntas sob estresse contínuo.

FONTE: VICK (1999); Tabela traduzida e adaptada pelo autor.

Assim sendo em função das propriedades de resistência apresentadas na TABELA 1, pode ser atribuída uma classe de durabilidade do adesivo, para sua utilização em aplicações específicas, auxiliando-se da norma Europeia EN-204 para classificação de resistência a colagem do adesivo como se observa na TABELA 2.

TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA A COLAGEM DO ADESIVO DE ACORDO COM A EN-204

Classe de resistência	Condição de aplicação do adesivo
D1	Uso interior em conteúdo de umidade não superior a 15%.
D2	Uso interior com exposição ocasional e por curto período de tempo em água ou vapor e a elevada umidade do ar com umidade da madeira não superior a 18%.
D3	Uso interior com exposição frequente por curtos períodos de tempo à água ou vapor ou à elevada umidade.
D4	Uso interior com exposição por longos períodos em água ou vapor. Também pode ser usado para aplicações exteriores com acabamento adequado.

FONTE: EN 204, Tabela traduzida pelo autor.

Dentro desta classificação de resistência os adesivos EPI e PVAc utilizados atendem a classe D4 da norma EN 204, pelos seus ambientes de aplicação bem como pela razão de poderem combinar a variação de umidade e exposição ao calor elevado assim como o estresse causado pela retração e inchamento da madeira.

2.10. Utilização e importância dos EGP

Conforme a definição anterior, os EGPs são um PMVA pelas suas exigências de fabrico, podem ser produzidos por pequenas e médias empresas que processam madeira. Os aspectos técnicos da produção são relativamente simples e os investimentos financeiros necessários são reduzidos. A produção de EGP, pode ser vista como uma alternativa satisfatória para criação de uma extensão nas linhas de produção para a maioria das empresas que processam a madeira tanto de coníferas assim como de folhosas, uma vez que os EGPs podem ser produzidos com equipamento e capital de investimento limitado (BOWYER *et al.*, 1986).

Os EGPs podem ser utilizados em diversas aplicações conferindo variedade de usos de fim específicos como é o caso da construção civil leve e interna (móveis, armários de cozinha, portas) construção civil pesada e interna (Pisos, paredes, vigas, escadas, forros, coberturas, tapumes, divisórias, barracões, lambris, portas) e na construção civil pesada interna e externa (Pisos, lambris, batentes, portas, divisórias, janelas, molduras, rodapés, perfis, escadas, forros, pisos, paredes e outros e em estruturas de madeira (BOWYER *et al.*, 1986).

Segundo ABIMCI (2008), esses painéis podem ser utilizados na produção de embalagens como caixaria em geral, plataformas para *pallets*, carretéis industriais, caixas e gabinetes para a indústria de eletrônicos, instalações comerciais e industriais, caixas e gabinetes pintados ou revestidos.

Por outro lado, Smith (2008) afirma que os EGPs podem representar uma importante oportunidade para os fabricantes, pois possuem vários elementos importantes para a sua comercialização por oferecer vantagens competitivas em relação aos produtos secundários de madeira, podendo-se agregar valor em madeiras de pequenas dimensões além de uso de subprodutos que é visto como madeira de menor valor e relativamente flexível em relação ao produto final desejado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da empresa

O estudo foi realizado com material coletado numa serraria de eucalipto (Mademape - Indústria Madeireira Ltda), localizada no município de Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba no Estado do Paraná. A empresa processa madeira de Eucalipto nas mais diferentes formas desde o desdobro primário na serra fita até o acabamento final como ilustra o Lay out da serraria na FIGURA 2.

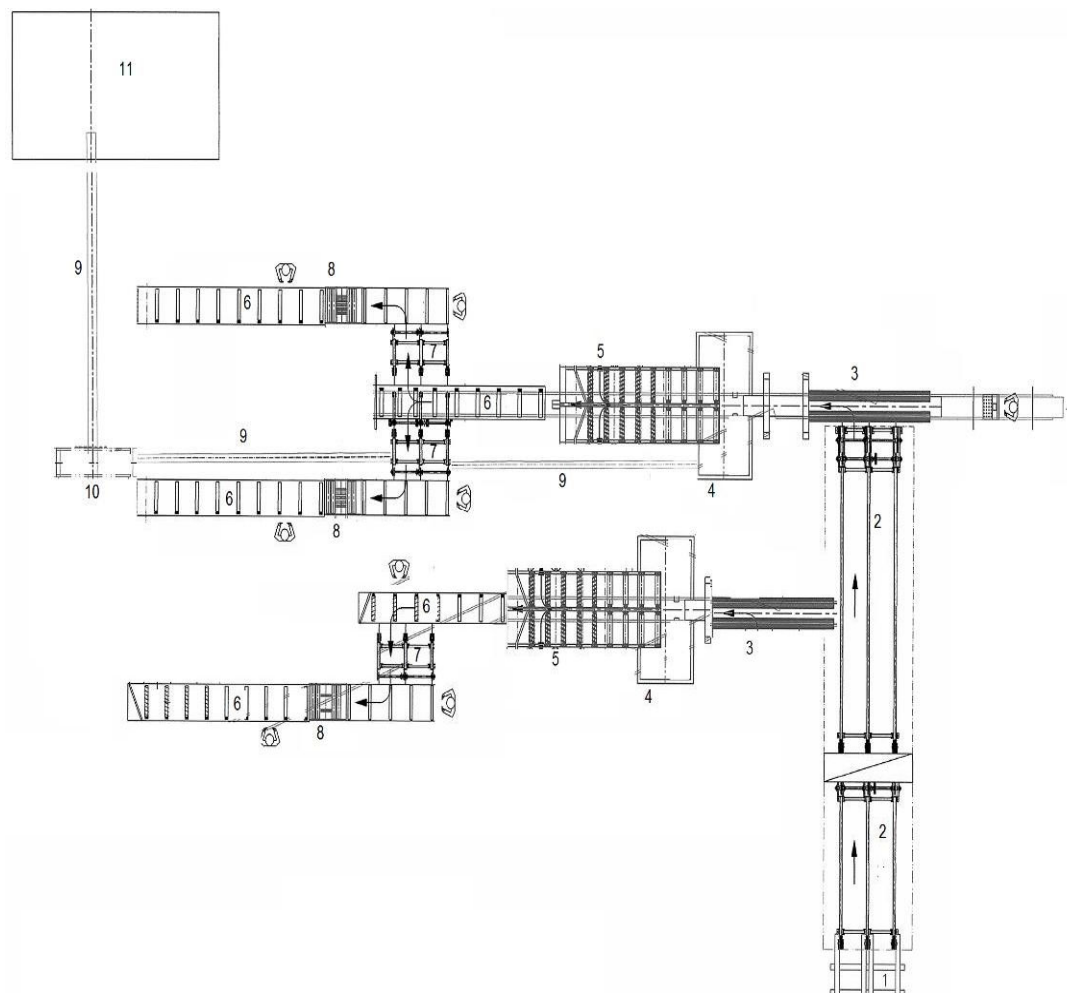


FIGURA 2. Layout do processo produtivo da serraria. 1-Plataforma de Recebimento de Tora; 2 - Corrente de Esteira Para Toras; 3-Carro Transportador de Tora; 4-Serra Fita; 5-Serra Circular Multipla (Refiladeira); 6-Mesa de Roletes; 7-Virador de Toras, 8-Serra Circular Destopadeira;9-Corrente de Esteira Para Residuo;10-Picador de Resíduos, 11-Cilo de Armazenagem.

FONTE: O Autor, (2015)

O mesmo foi realizado em duas fases, sendo que na primeira fase fez-se a caracterização física e quantificação em termos de rendimento do material obtido das costaneiras, seguindo-se da produção do painéis e avaliação da qualidade dos mesmos.

3.2. Avaliação das propriedades físicas da madeira

A avaliação das propriedades físicas das espécies foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Madeira, da Universidade Federal do Paraná, a partir de corpos de prova retirados da madeira obtida das costaneiras em cada uma das espécies utilizadas.

As propriedades físicas avaliadas foram: umidade, massa específica e contração linear e volumétrica da madeira das duas espécies utilizadas para montagem dos painéis. Essas variáveis foram avaliadas a partir de medições tomadas a uma determinada umidade inicial, seguindo-se de medições feitas no estado completamente seco.

Assim sendo foram retirados 60 corpos prova de cada espécie orientados com duas faces tangenciais e duas faces radiais, obtendo-se no total 120 corpos de prova.

Em seguida os corpos de prova foram ensaiados em testes laboratoriais seguindo-se os procedimentos estabelecidos pela norma COPANT, para determinação umidade, massa específica básica e contração da madeira.

3.3. Rendimento em costaneiras

Fez-se a avaliação do rendimento em subprodutos obtidos das duas espécies utilizadas, a partir de dados de cubagem das toras e da madeira. Para o efeito foram selecionadas 15 toras de cada uma das espécies utilizadas, totalizando 30 toras para as duas espécies, das quais foram medidas as circunferências, com o auxílio de uma fita métrica, depois da obtenção do diâmetro médio de cada tora, as duas espécies foram agrupadas em três classes diamétricas compostas por 5 toras cada, com diâmetros variando de 25-32cm; 32-39cm e acima de 39cm, e comprimentos variáveis em função da disponibilidade da serraria.

Posteriormente determinou-se o rendimento em serrados com o auxílio da EQUAÇÃO 1, para o efeito fez-se uma adaptação da metodologia, utilizando-se dados da cubagem das pranchas obtidas logo após o desdobro de cada tora para cada classe diamétrica na serra fita principal, antes das mesmas serem refiladas para obtenção de madeira serrada.

$$RMS\% = \frac{VMSR}{VT} \times 100\% \quad (1)$$

Onde: RMS%=Rendimento em madeira sem refilo por classe diamétrica; VMSR=Volume de madeira sem refilo na classe diamétrica (m³); VT=Volume da tora por classe diamétrica (m³).

Esta metodologia foi adaptada para facilitar o acompanhamento do fluxo de produção da serraria, uma vez que do desdobro, as pranchas são refiladas em função do tipo de produto final desejado para o mercado consumido, podendo-se obter tábuas, vigas, caibros entre outros.

Assim sendo, a adaptação da metodologia, foi a técnica mais adequada encontrada para incluir as perdas por refilo, que também influenciam o rendimento final em subprodutos para cada classe diamétrica avaliada.

Em seguida, determinou-se o rendimento em serragem com auxílio da EQUAÇÃO 2. Para efeito fez primeiro a cubagem da serragem obtida de cada tora utilizando-se dados de altura do corte, número de cortes efetuados, espessura da lâmina de serra e comprimento da tora para cada classe diamétrica.

$$RS\% = \frac{VS}{VT} \times 100\% \quad (2)$$

Onde: RS%=Rendimento em serragem por classe diamétrica; VS= Volume de serragem por classe diamétrica (m³); VT=Volume da tora por classe diamétrica (m³).

Posteriormente, aplicou-se o princípio de balanço de material para determinação do rendimento em subprodutos na forma de costaneiras por classe diamétrica. Assim sendo utilizou-se a EQUAÇÃO 3, de onde subtraiu-se 100% do rendimento total da tora, rendimento em madeira serrada e o rendimento em serragem obtido também por cada classe diamétrica.

$$RC\% = 100 - RMS\% - RS\% \quad (3)$$

Onde RC%=Rendimento em costaneira por classe diamétrica, RS%=Rendimento em serragem por classe diamétrica, RMS%=Rendimento em madeira sem refilo por classe diamétrica.

Na FIGURA 3 está apresentado o processo de desdobro da tora para obtenção de costaneiras que resultaram os sarrafos utilizados para a montagem dos painéis.

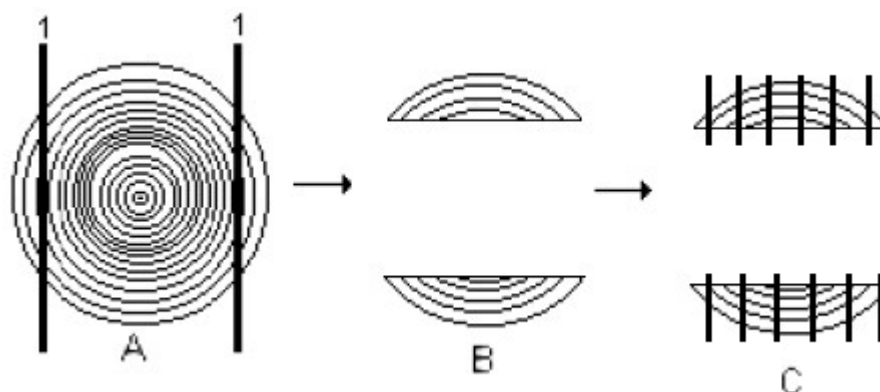


FIGURA 3. Processo de obtenção de costaneiras e sarrafos na serraria. A: Desdobro da tora; B: Obtenção da costaneira; C: Obtenção de sarrafos a partir das costaneiras
 FONTE: Adaptado de Rocha (2000).

As costaneiras obtidas foram refiladas em duas serras circulares múltiplas de onde foram obtidos os refilos. Estes foram encaminhados para uma serra de destopo, obtendo-se assim os sarrafos com dimensões iniciais variando de 25 a 30 mm em espessura, 50 a 60 mm na largura, porém com comprimento variando de 60mm a 2500 mm.

Os sarrafos foram submetidos a uma pré secagem ao ar livre, até atingirem um teor de umidade entre 25 e 30%. Posteriormente os mesmos foram devidamente empilhados e submetidos a secagem em estufa, de onde saíram com umidade final de 9% a 10%.

Finalmente determinou-se o rendimento em sarrafos obtidos das costaneiras no estado úmido, por cada tora por classe diamétrica utilizando a EQUAÇÃO 4.

$$RSa\% = \frac{VS_s}{VT} \times 100\% \quad (4)$$

Onde: RSa%= Rendimento em sarrafos por tora, VSs =Volume de sarrafos por tora, Volume da tora.

3.4. Rendimento final em sarrafos secos e usinados

Após a determinação do rendimento em sarrafos no estado úmido, fez-se a avaliação do rendimento final aproveitado, considerando-se os percentuais de perdas de volume que ocorrem na secagem e na usinagem.

Para o efeito foram selecionados aleatoriamente 35 sarrafos de cada espécie totalizando 70 peças as quais foram cubadas no estado úmido, seguindo-se da cubagem no estado seco (10% de umidade) e posteriormente cubadas depois da usinagem. Em seguida aplicou-se a EQUAÇÃO 5, para estimar a porcentagem perdas em volume que ocorrem em cada espécie.

$$P_v = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100\% \quad (5)$$

Onde PV=Perda em volume (%); V1=Volume inicial úmido (m³); V2=Volume final seco e usinado (m³).

3.5. Montagem dos painéis

Após a obtenção dos sarrafos secos e usinados das duas espécies, seguiu-se a montagem dos painéis, utilizando-se procedimentos industrial, e misturando-se os sarrafos das duas espécies, utilizando dois adesivos, sendo o PVAc (acetato de polivinila) para a colagem de topo e o EPI (emulsão polimerizada com isocianato) para a colagem lateral.

Posteriormente foram feitos os acabamentos para obtenção de painéis com dimensões finais de 720mm X 320mm X 16mm no comprimento, largura e espessura respectivamente, seguindo-se análise de qualidade dos mesmos, conforme se observa na FIGURA 4 onde de forma resumida vem ilustradas as etapas de produção dos painéis.

Importa salientar que durante a montagem dos painéis, procedeu-se inicialmente a colagem de topo, seguindo-se da colagem lateral considerando-se as variáveis de prensagem utilizadas pela empresa.

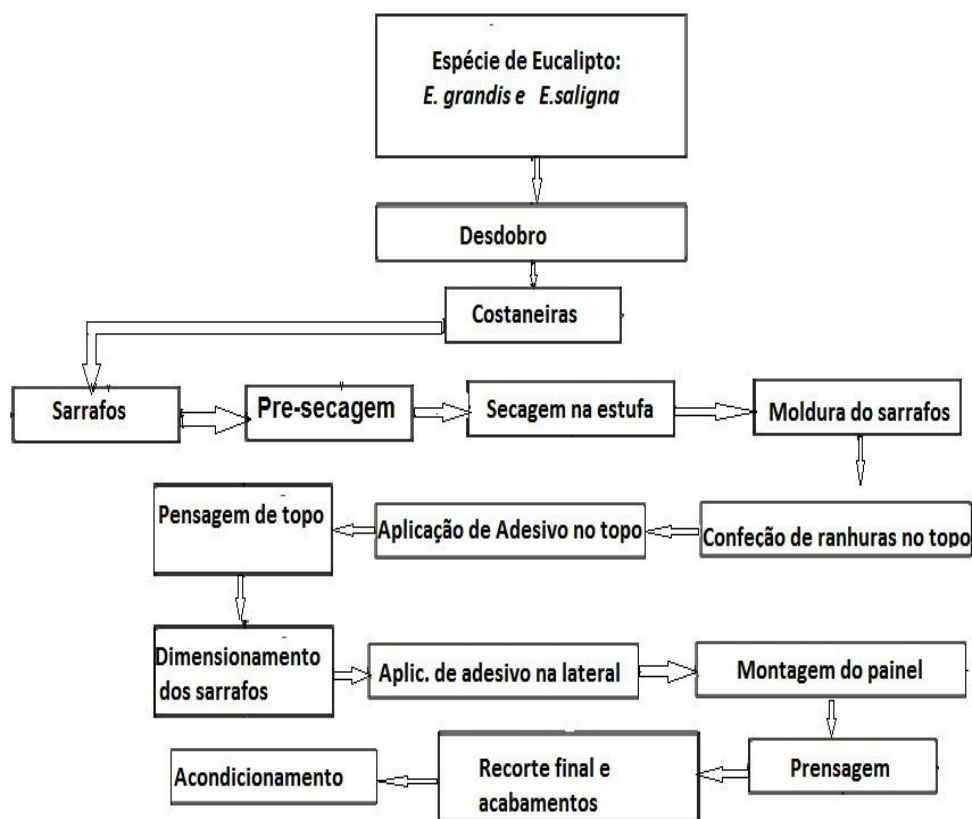


FIGURA 4. Resumo das etapas do processo de produção dos painéis
 FONTE: O Autor (2015)

Os adesivos foram levados ao laboratório de painéis de madeira da UFPR onde determinou-se o pH, viscosidade de Brookfield, teor de sólidos e a densidade para análise das especificações do adesivo como se observa na TABELA 3.

TABELA 3. RESUMOS DAS ESPECIFICAÇÕES DETERMINADAS PARA OS ADESIVOS EPI E PVAc.

Adesivo	pH	V. (cP)	T.S(%)	D. (g/cm ³)
EPI	7,6	13.979,17	52,90	3,792
PVAc	4,8	1.014,583	28,89	3,529

PH-Potencial de hidrogênio, V (CP) -Viscosidade, T.S-Teor de sólido, D-densidade.
 FONTE: O Autor (2015)

3.5.1. Colagem de topo

Para a colagem de topo, fez-se primeiro a usinagem no topo de cada um dos sarrafos das duas espécies destinadas à colagem. Para o efeito, utilizou-se uma fresa

com a qual fez-se ranhuras no sentido da espessura com geometria de 10mm de comprimento, 1mm de ponta e 4mm de largura do dente.

A fresa foi acoplada por dois rolos para aplicação de adesivo no topo dos sarrafos, seguindo-se posteriormente a uma prensagem utilizando uma prensa hidráulica.

A prensagem foi realizada a frio, sob uma pressão de 7 kgf/cm^2 durante 4 a 8 segundos, para obtenção de peças com 2240mm de comprimento. Na FIGURA 5 observam-se as etapas de montagem das emendas de topo.



FIGURA 5. Etapas de montagem das emendas de topo dos sarrafos. A: Fresa para confecção de ranhuras; B: Sarrafos com ranhuras; C: Sarrafos Prensados; D; Prensa hidráulica.

FONTE: O Autor (2015)

Cada peça, foi obtida com 4 a 6 emendas em função das dimensões dos sarrafos utilizados, sendo que as mesmas foram redimensionadas em comprimentos finais de 720mm para a colagem lateral e confecção dos painéis.

3.5.2. Colagem Lateral

Fez-se a colagem lateral e montagem final dos painéis, utilizando-se um rolo aplicador de adesivo, seguindo-se uma prensagem a frio num carrossel pneumático.

As variáveis de prensagem foram pré-estabelecidas de acordo com o funcionamento da indústria, utilizando-se uma pressão de $3,5 \text{ kgf/cm}^2$ durante 35 minutos. Na FIGURA 6 ilustra o processo de colagem lateral e montagem dos painéis.



FIGURA 6. Colagem Lateral e Montagem dos painéis; A: Rolo aplicador de adesivo; B Prensagem lateral dos sarrafos.

FONTE: O Autor 2015

A distribuição do adesivo foi monitorada visualmente e as gramaturas utilizadas pela, foram determinadas por pesagem com auxílio de balança analítica, sendo que em seguida, utilizou-se a EQUAÇÃO 6 adaptada por Prata (2010) para o cálculo da quantidade de adesivo utilizado para a colagem lateral dos painéis.

$$g = \frac{M_{sa} - M_{ca}}{A} \quad (6)$$

Onde: G: Gramatura (G/M²); MSA: Massa de madeira sem adesivo (G); MCA: Massa de madeira com adesivo (G); A: Área a ser colada (m²). Fonte: Prata (2010)

3.6. Avaliação da qualidade dos painéis

Para avaliação da qualidade, foram amostrados 30 painéis obtidos com sarrafos das duas espécies nos quais foram retirados corpos de prova para ensaios nas emendas de topo em flexão estática e tração normal, seguindo-se dos ensaios de cisalhamento na linha de cola.

Fez-se, a determinação da massa específica média dos corpos de prova retirados dos painéis previamente submetidos em câmara climática a 12%, aferindo-se a massa específica dos painéis à umidade de equilíbrio.

Posteriormente os corpos de prova produzidos foram submetidos a pre-tratamentos segundo a representação da FIGURA 7.

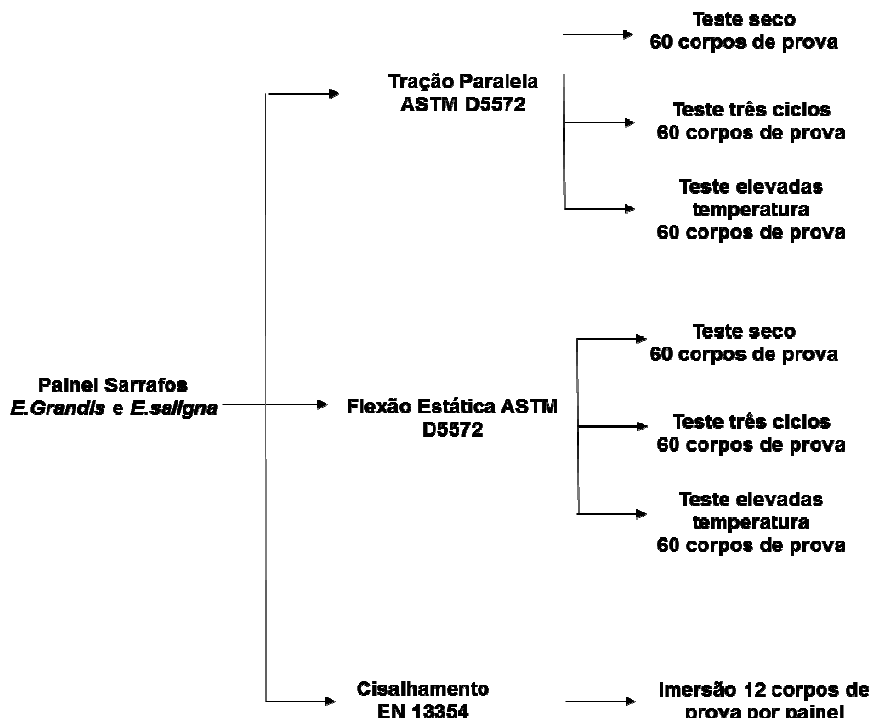


FIGURA 7. Modelo esquemático dos pre-tratamentos utilizados para avaliação da qualidade dos painéis

FONTE: Adaptado de Prata (2010).

3.6.1. Resistência à colagem de topo – “finger joint”

Para determinação da resistência a colagem de topo, os procedimentos foram realizados de acordo com as normas ASTM – 5572/1995 – *Standard Specification for Adhesives Used for Finger Joints in Nonstructural Lumber Products*, para classificação e exposição dos painéis em ambiente seco, indicada para testes de resistência à flexão estática e à tração normal, em emendas do tipo *finger joint*. Assim sendo foram produzidos corpos de prova para ensaios de tração normal e para flexão estática conforme as especificações da norma.

Antes dos ensaios de tração e de flexão o conjunto de corpos de prova foi submetido a três pré-tratamentos de acordo com a recomendação da norma:

- Avaliação da resistência das emendas de topo em condição seca, sem nenhuma exposição à umidade, sendo apenas submetidos a estabilização de umidade em câmara climática a 12%.

Avaliação da resistência em corpos de prova submetidos em estufa a uma temperatura de 104 ± 3 °C por um período de seis horas.

Avaliação da resistência em corpos de prova imersos em água a uma temperatura de 19 a 27 °C durante 4 horas, e em seguida colocados em estufa com circulação de ar a uma temperatura de 41 ± 3 °C durante 19 horas. Este ensaio foi repetido durante três ciclos.

3.6.2. Resistência a colagem lateral

A avaliação da qualidade da colagem lateral dos painéis foi realizada de acordo com a norma EN 13353/2003 *Solid wood panels (SWP) – Requirements* que classifica os painéis como sendo de uso interno.

Assim sendo, os ensaios foram realizados de acordo com a norma EN 13354/2003 *Solid wood panels – Bonding quality – Test method*. Segunda qual, os corpos de prova do ensaio de resistência a colagem lateral, devem ser submetidos previamente a imersão em água, a uma temperatura de 20°C durante 24h.

Os ensaios de resistência ao cisalhamento da linha de cola foram realizados em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC com capacidade para 10Tf equipada com uma célula de carga com capacidade de 500kgf.

Após os ensaios, fez-se a classificação visual dos corpos de prova submetidos aos ensaios de cisalhamento para se avaliar a eficiência de colagem na linha de cola, porcentagem de falhas ou porcentagem de fibras arrancadas com presença visível, na superfície da ruptura nas faces coladas.

A porcentagem de falhas na madeira, foi obtida a partir da avaliação visual de cada corpo-de-prova atribuindo-se valores à porcentagem de falha utilizando quadriculados com as dimensões dos corpos-de-prova. Dividiu-se o plano cisalhado em 40 partes, de modo que cada quadrícula correspondesse 2,5% da área. Finalmente calculou-se a média desses valores e atribuída à amostra.

3.7. Análise de dados

Os dados foram tabulados no *Microsoft office Excel* e analisados no pacote estatístico *Statgraphics*, onde verificou-se a normalidade dos dados, por meio de teste

de Bartlett. Seguindo-se da ANOVA simples e posteriormente o teste de Tukey para comparação de médias dos valores observados no rendimento de subprodutos, bem como para a resistência dos corpos de prova dos painéis.

Ainda assim, fez-se também a análise de correlação dos valores de resistência com massa específica medidos nos referidos corpos de prova.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física dos subprodutos

4.1.1. Massa específica básica e umidade da madeira

Os resultados da massa específica básica e umidade inicial da madeira de *E. grandis* e *E. saligna* são apresentados na TABELA 4.

TABELA 4. VALORES DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E UMIDADE DA MADEIRA DAS ESPÉCIES *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

Espécie	Variável	Média	Desv.	CV (%)
<i>E. grandis</i>	U (%)	68 A	10,3	15,2
	MEB (g/cm ³)	0,58 a	9,02	16
<i>E. saligna</i>	U (%)	78 B	18	24,1
	MEB (g/cm ³)	0,67 b	9,44	14

U%=Umidade; MEB=Massa específica básica; DESV=Desvio padrão; CV=Coeficiente de variação.
FONTE: O Autor (2015).

Como se pode observar na TABELA 4, os valores do teor de umidade encontrados nas duas espécies foram relativamente baixos em relação aos valores apresentados na literatura para as duas espécies. Essa situação pode ter ocorrido, devido a períodos relativamente longos de permanência das toras no pátio da serraria, uma vez que a mesma não possui um rodízio adequado de toras para o desdobro, de acordo com a ordem de chegada das mesmas no pátio da serraria. Assim sendo, provavelmente pode ter ocorrido a perda de água contida dentro dos lumens da madeira, devido a exposição prolongada das toras no pátio.

Para a espécie *E. saligna* observou-se umidade relativamente em relação ao *E. grandis*, provavelmente por esta espécie ter permanecido menos tempo no pátio da serraria, em relação ao *E. grandis*. Outro fator pode estar relacionado com a umidade com que as duas espécies chegam na serraria para serem processadas.

Sendo que as toras podem ter permanecido longos períodos no local de derrubada, contribuindo também para a possível perda de água. Essa situação constitui uma falha operacional, pois, para o caso de espécies de eucalipto, o rápido desdobro logo após a derrubada pode contribuir para redução de incidência de defeitos como as rachaduras na madeira.

Rocha (2000) estudando *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, obteve valores de umidade relativamente superiores, pois no seu estudo, as toras foram desdobradas 72 horas após as árvores serem derrubadas, permanecendo por pouco tempo no pátio da serraria. No entanto, estes resultados estão dentro do intervalo dos valores de umidade encontrados por Oliveira (1997) para sete espécies do gênero *Eucalyptus*.

Pode-se observar também na TABELA 4 que os valores de massa específica básica apresentados para as duas espécies foram relativamente altos em relação aos valores normalmente encontrados na literatura. Estes resultados provavelmente ocorreram pelo fato de se ter trabalhado com madeira retirada da costaneira retiradas de toras, de árvores com idade superior aos 20 anos.

No que se refere à massa específica, observa-se que as duas espécies apresentaram valores relativamente diferentes. Apesar de serem do mesmo gênero, isso é resultado das características intrínsecas às próprias espécies, fato que também foi comprovado pelo teste T, que resultou em diferenças estatísticas, conforme se observa no quadro de análises de propriedades físicas apresentado no APÊNDICE 1.

A maior média absoluta foi observada na madeira de *E. saligna*, provavelmente em decorrência de sua anatomia, pois segundo Panshin & De Zeeuw (1980); Kollman & Cotê (1984) essa espécie, apresenta maior espessura da parede celular, tamanho e quantidade dos diferentes tipos de células (fibras, traqueoides, vasos, dutos, resinas e parênquima), no entanto essas duas espécies podem ser classificadas como tendo madeira moderadamente leve.

a) *E. grandis*

Em relação, ao *E. grandis* espécie cujos sarrafos também foram utilizados para a obtenção dos painéis, valores semelhantes da sua massa específica básica também apresentados na TABELA 4, foram encontrados por Ciniglio (1998), que

estudando a madeira de *Eucalyptus grandis* com 17 anos de idade obteve um resultado de 0,57 g/cm³.

Em outro estudo, Gonzalez *et al.* (2006) também encontraram valores semelhantes (0,59 g/cm³ de massa específica básica) ao caracterizar a madeira de *E. grandis* visando a sua utilização no setor moveleiro.

Rocha (2000) estudando a mesma espécie como fonte de matéria prima para serrarias, encontrou valor médio de massa específica básica, relativamente baixo (0,46-0,48g/cm³), porém o autor trabalhou com madeira proveniente de plantações jovens com 12 anos de idade. Em outro estudo, Ferreira (1996), obteve um valor ainda mais baixo de massa específica básica (0,43 g/cm³) em madeira de *E. grandis* com 8 anos de idade. Estes resultados indicam que pode ter havido a influência do fator idade sobre os resultados encontrados por estes autores.

Por outro lado, Lopes *et al.* (2011), estudando a variação radial da massa específica básica de *E. grandis* para sua utilização na indústria moveleira obtiveram valores relativamente superiores, onde os autores encontraram 0,64 e 0,67 g/cm³ em madeira obtida próximo à casca (66 e 100% de distância da medula ao longo do raio) respectivamente, em árvores com 18 anos de idade.

O comportamento da massa específica na madeira do lenho adulto, também pode ser sustentado por Pelozzi *et al.* (2012), que estudaram o lenho adulto de *E. grandis* aos 25 anos de idade e obtiveram valores relativamente superiores (0,61g/cm³).

b) E. saligna.

No que diz respeito à espécie *E. saligna* também utilizada para composição dos painéis colados lateralmente, pode se ver na TABELA 4 que o seu valor médio de massa específica básica foi superior quando comparado com a maioria da literatura. Silva & Oliveira (2003) estudando a mesma espécie aos 16 anos de idade obtiveram 0,47 g/cm³ de massa específica, Batista *et al.* (2010) também obtiveram um valor relativamente baixo (0,46 g/cm³) em clones de *E. saligna*.

Apesar dos valores de massa específica básica citados pela literatura serem na sua maioria inferiores aos valores encontrados neste estudo, é possível encontrar alguns estudos com valores semelhantes. Ferreira (1970) encontrou valores semelhantes de massa específica básica determinada na madeira coletada a 1,30m

de altura em 31 árvores ($0,64\text{g/cm}^3$). Em outro estudo com árvores provenientes de Rio Claro – SP, Ferreira *et al.* (1979) obtiveram valores relativamente próximos dos observados nesta pesquisa, tendo os autores encontrado $0,63\text{ g/cm}^3$ na madeira de plantações comerciais.

Serpa *et al.* (2003) avaliando algumas propriedades de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, relatam o aumento da massa específica básica com o aumento da distância em relação à medula, onde no referido estudo realizado com árvores com idades aproximadas de 40 anos, os autores obtiveram valores próximos de $0,70\text{g/cm}^3$ a 10 cm de distância em relação à medula.

Como pode se notar pelos valores apresentados na literatura, existe uma variação da massa específica da madeira das duas espécies de *Eucalyptus*, principalmente ao longo do raio, situação que era de se esperar em função da diferenciação do lenho adulto e do lenho juvenil, em resultado do processo de formação da madeira. Esta situação pode ter implicações no uso desta espécie, pois de acordo com Rocha (2000) no uso da madeira, diversas características como propriedades de resistência, características de desdobro e usinagem, entre outros são diretamente afetadas por esta grande variação.

Sob o ponto de vista de utilização pode-se considerar que madeiras provenientes de árvores jovens e clones, apresentam menos resistência em resultado da sua baixa massa específica básica. No entanto estas duas espécies de madeira utilizadas na produção dos painéis são classificadas como sendo de media densidade, estando na faixa recomendada para madeiras serradas a serem utilizadas na indústria moveleira como é o caso de sua utilização na produção de painéis colados lateralmente para uso interno (MELO *et al.*, 1990).

Como se sabe além de aferir a resistência mecânica da madeira, a massa específica básica constitui-se também em parâmetro relacionado com a variação dimensional, pelo que das duas espécies, *E. saligna* foi a que apresentou maior massa específica básica, podendo ser indicativo de características de maior variação dimensional.

4.1.2. Variação dimensional da madeira

O comportamento da madeira retirada na costaneira, no que diz respeito à variação dimensional, está ilustrado na FIGURA 8. Pela visualização da diferença do

coeficiente de anisotropia, contração volumétrica total determinados através da contração radial, contração tangencial e contração longitudinal nas duas espécies estudadas.

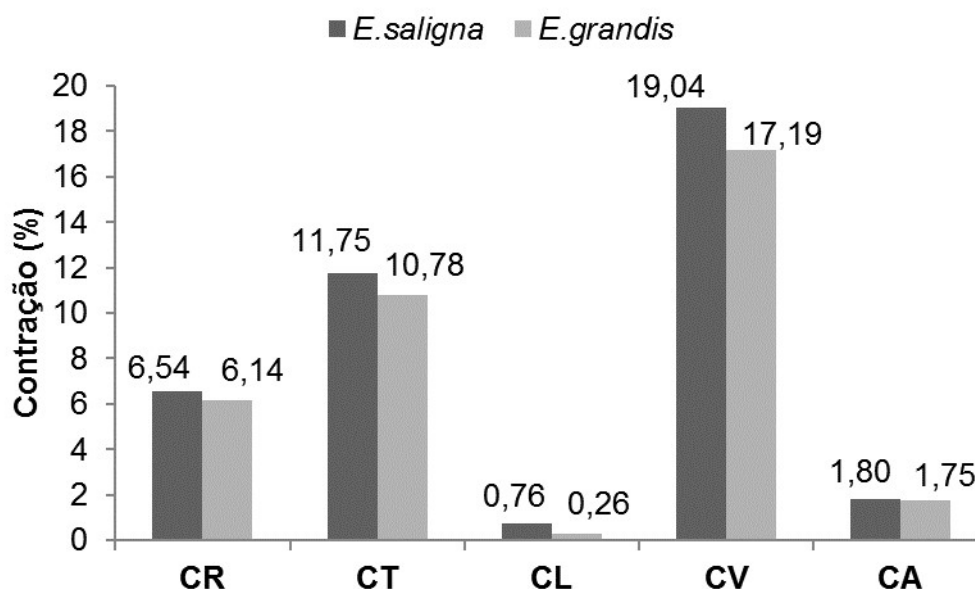


FIGURA 8. Contração na madeira das espécies *E. grandis* e *E. saligna*. CR: Contração radial; CT: Contração tangencial, CL: Contração longitudinal; CV: Contração volumétrica, CA: Coeficiente de anisotropia.

FONTE: O Autor (2015)

Como se pode observar na FIGURA 8, a madeira de costaneira de *E. saligna* teve maior valor absoluto de contração em comparação com *E. grandis*. De uma forma geral as duas espécies apresentaram valores elevados de contração, sem apresentarem diferenças significativas com base no teste de T efetuado para comparação entre médias, de acordo com o quadro de análise das contrações radial, tangencial, axial e volumétrica também apresentado no APÊNDICE 1.

Os valores de contração observados nas duas espécies, podem estar associados aos valores de massa específica anteriormente mencionados, que provavelmente resultaram por se ter trabalhado com madeira do lenho adulto das espécies. Pois segundo Kollman e Coté (1984); Glass e Zelinka (2010) geralmente madeiras com maiores massas específicas, tendem a apresentar maior dimensão das fibras e maior espessura da parede celular com ou sem decréscimo na proporção de vasos, com isso estas espécies contraem mais, pois tendem a conter maior quantidade de água impregnada na parede celular.

Essa situação confirma-se nos estudos feitos por Tomazello Filho (1985a) avaliando a estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto, tendo observado fibras mais longas (0,98 a 1,69 mm), com maior espessura da parede (4,0 a 7,0 μm), e menor diâmetro do lúmen (8,3 μm) em *E. saligna* em relação a *E. grandis*, que apresenta fibras com 0,89 a 1,52mm de comprimento, 5,0 a 6,0 de espessura da parede e diâmetro do lúmen variando de 7,0 a 23,5 μm .

No entanto, a variação na contração, não pode ser vista de forma isolada como resultado da estrutura anatômica ou da ultraestrutura da parede celular. Jankowski *et al.* (1990), estudando características de madeiras tropicais brasileiras, observaram índices de contração relativamente altos em algumas espécies de madeira com massa específica baixa e vice-versa.

Os autores observaram na madeira de *Ocotea pretiosa* Mez. 0,61g/cm³ de massa específica básica e contração volumétrica de 16%, no entanto na madeira de *Dipterix odorata* wild. os autores observaram maior massa específica básica (0,82g/cm³), porém menor contração volumétrica (12%).

a) *E. grandis*

Analisando-se individualmente as informações contidas na FIGURA 8 para *E. grandis*, observa-se algumas diferenças e semelhanças com os valores de contração apresentados pela literatura. Neste contexto, valores relativamente próximos de contração radial foram encontrados por Acosta (1999), trabalhando com material de 18 anos de idade, bem como por Calori *et al.* (1995) em madeira da mesma espécie aos 23 anos de idade, valores estes que foram de 5,80% e de 5,70% respectivamente.

Em outro estudo visando a caracterização da madeira de *E. grandis* para sua utilização na indústria moveleira, Silva (2002) obteve resultados semelhantes também para madeira coletada próximo à casca, sendo 6,48% em árvores de 10 anos na posição 100% da medula, 6,90% em árvores com 20 anos na posição 33% da medula e finalmente 6,93% em árvores de 14 anos na posição 66% da medula em relação a medula.

No entanto, no mesmo estudo, porém com madeira de 10 anos de idade coletada na posição mais próxima a casca (66% de distância em relação a medula), o autor obteve um valor baixo de contração radial (5,46%), valor este que foi encontrado

na madeira da mesma espécie com 14 anos de idade, porém na posição mais próxima da medula (33%).

Entre vários autores, Leles & Silva (1997), estudando soluções sobre rachaduras de topo de madeiras de *Eucalyptus spp*; Oliveira (1999) analisando técnicas de derrubada e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto, Vital & Trugilho (1997) avaliando a variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*, também obtiveram valores baixos em relação aos resultados de contração radial encontrados neste estudo, situados em 5,5%; 4,7% e 3,84% respectivamente. Por outro lado, Rocha (2000) trabalhando com madeira proveniente de plantios jovens obteve valores superiores de contração radial em duas classes diamétricas, que foram de 7,1 e 7,7% respectivamente.

Para a contração tangencial, os valores encontrados foram relativamente superiores aos valores obtidos por Rocha (2000), que foi de 9,2%. Importa lembrar que a presente pesquisa foi realizada com subprodutos da madeira do lenho adulto retirado de costaneiras de árvores com idades superiores aos 20 anos. Silva (2002) estudando material com as mesmas características (idades de 20 e 25 anos) nas posições 100% da medula, obteve valores inferiores de contração tangencial, que foram de 7,81% e 7,61% respectivamente.

Batista (2009), obteve para um determinado clone de *E. grandis*, valores relativamente semelhantes aos encontrados neste estudo (10,15%). Valores semelhantes de contração tangencial também foram encontrados por Rocha (2000) em toras da maior classe diamétrica (10,6%), estudando duas classes diamétricas. Todos estes valores foram também semelhantes aos valores de contração tangencial observados por Acosta & Sepiarsky (2005).

Ainda que exista essa ligeira diferença nos resultados entres os autores, os mesmos estão de acordo com as informações contidas no IPT (1956), segundo qual as madeiras de Eucalipto variam de 3,5 a 8,6% na contração radial, e 7,8 a 13,4,9% na contração tangencial.

Para definição da espécie que apresenta madeira da costaneira mais estável dimensionalmente para obtenção de painéis colados lateralmente, é de crucial importância tomar como base o comportamento da contração volumétrica e o coeficiente de anisotropia também ilustrados na FIGURA 8, uma vez que tais valores expressam a redução total de volume de madeira seca pronta para utilização.

Os valores de contração volumétrica máxima foram semelhantes aos resultados de Rocha (2000) e Severo (2004) que encontraram 19,2% na madeira de *Eucalyptus dunnii* de 16,5 anos de idade, e 20,8% no *E. grandis* proveniente de Urbenville. Porém Batista *et al.* (2010) estudando *E. grandis* obtiveram valores inferiores de contração volumétrica máxima situados em 14,10%.

b) *E. saligna*

No que diz respeito à contração radial de *E. saligna* Oliveira & Silva (2003) encontraram valores relativamente semelhantes em madeira coletada próxima à medula, em árvores da mesma espécie aos 16 anos de idade. Em outro estudo com clones de *E. saligna*, Trugilho *et al.* (2003) também obtiveram valores relativamente semelhantes na contração radial em dois clones, que foram de 6,17% e 6,06% respectivamente.

Ainda em relação à contração radial do *E. saligna*, Batista *et al.* (2010) também estudando clones da referida espécie, obtiveram valores relativamente inferiores (5,03%). Trugilho *et al.* (2003) avaliando clones da mesma espécie, também obtiveram valores inferiores em quatro clones, com resultados variando de 5,06 a 5,85%. Por outro lado, nos estudos feitos por Oliveira & Silva (2003) os autores encontraram valor relativamente alto em relação ao encontrado neste estudo que foi de 9,47% na contração radial da madeira coletada próximo à casca.

Para a contração tangencial o valor médio encontrado para *E. saligna*, foi relativamente semelhante ao valor encontrado em um clone por Batista (2009), avaliando a qualidade de secagem convencional de *E. saligna*. Num outro estudo também realizado com clones da mesma espécie, Trugilho *et al.* (2003) obtiveram valores relativamente inferiores com o máximo de 10,01% de contração tangencial.

Silva & Oliveira (2003) avaliando propriedades higroscópicas da mesma espécie obtiveram valores superiores que foram de 15,20% e 15,67% na contração tangencial da madeira coletada na região intermédia entre a medula e a casca, bem como 16,88% de contração tangencial na madeira coletada na região mais próxima a casca.

Apesar de serem reconhecidas como pouco estáveis, devido as suas características anisotrópicas e tendência ao fendilhamento e empenamento, pode-se observar pela FIGURA 8 que a madeira da costaneira das duas espécies, apresentou

coeficientes de anisotropia considerados baixos (1,5 a 2) para a classificação de Durlo & Marchiori (1992), características essas, semelhantes às aquelas apresentadas por madeiras mais estáveis como ipê (*Tabebuia spp.*), Pinus (*Pinus spp.*) , peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*), Teca (*Tectona grandis*), entre outras espécies.

Oliveira e Silva (2003) também obtiveram uma redução substancial do fator anisotrópico encontrado na região mais próxima ao alburno, resultados semelhantes aos obtidos por Gonçalves *et al.* (2009), considerando esta madeira como sendo estável. No entanto os autores enfatizam da importância da amplitude dos valores absolutos de contração radial e tangencial, pois segundo Galvão e Jankosky, (1985) madeiras estáveis possuem menores coeficientes de anisotropia, obtidos de menores valores absolutos de contração radial e tangencial.

Ainda assim Batista *et al.* (2010) afirmam que para utilização da madeira maciça como produto colado esse coeficiente deve ser utilizado de forma criteriosa, principalmente em situações em que essas informações de anisotropia de contração não forem disponíveis para uma determinada espécie.

No entanto, no caso de produtos colados, Glass e Zelinka (2010) afirmam que para usos que não requerem muita variação do ambiente como por exemplo o uso interior, além do coeficiente de anisotropia da madeira, é importante considerar também o comportamento de outros componentes, como por exemplo as características dos adesivos.

4.2. Rendimento em Subprodutos

A quantificação do rendimento de subprodutos em forma de costaneiras e de serragem em função do rendimento em serrados, obtidos a partir de 5 toras selecionadas por cada classe diamétrica estão apresentados na TABELA 5.

TABELA 5. VALORES DE VOLUME DA TORA, RENDIMENTO EM SERRADOS, SERRAGEM E COSTANEIRAS OBSERVADOS PARA *E. grandis* E *E. saligna* POR CLASSE DIAMÉTRICA

Espécie	C D	D (cm)	VT (m ³)	Rendimento (%)		
				Madeira Serrada	Serragem	Costaneira
<i>E. grandis</i>	1	25-32	0,3997 A	69,13B	2,55B	28,32A
	2	32-39	0,5284 B	68,03B	1,85A	30,12B
	3	>39	0,8011 C	66,20A	2,60B	31,20B
Média geral			0,5764	67,79	2,33	29,88
<i>E. saligna</i>	1	25-32	0,2591 A	70,70A	2,88B	26,42A
	2	32-39	0,4241 B	72,31B	2,48AB	25,21A
	3	>39	0,6906 C	72,82B	2,39A	24,79A
Média geral			0,4579	71,94	2,58	25,47

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si com base no teste de Tukey a 99% de probabilidade. C D.= Classe Diamétrica (cm); D= Diâmetro das toras. VT= Volume da Tora (m³).

FONTE: O Autor (2015)

Observando os resultados da TABELA 5, verifica-se que os valores percentuais do rendimento em madeira serrada, foram relativamente altos, tanto para *E. grandis* como para *E. saligna*, sendo que a maior média absoluta no rendimento em madeira serrada, foi observada para *E. saligna*.

Os altos valores de rendimento eram esperados, tendo em consideração a adaptação da metodologia adotada, de se medir as peças serradas sem refilar, e antes do ajuste final de suas larguras.

Esta decisão foi tomada por se considerar melhor para quantificação de subprodutos durante a coleta de dados na serraria, em função do fluxo de produção da empresa, permitindo assim melhor acompanhamento do processo desde o desdobro até a obtenção dos sarrafos retirados das costaneiras.

4.2.1. Rendimentos em subprodutos de *E. grandis*

No que diz respeito à espécie *E. grandis*, como se observa na TABELA 5, apesar da separação por classe diamétrica, e mesmo apresentando diferenças nos valores absolutos de volumes de toras, os rendimentos em madeira serrada foram estatisticamente iguais entre as classes diamétricas 1 e 2, por sua vez, estas foram

estatisticamente diferentes em relação à classe diamétrica 3, com base no teste de tukey no quadro de análise de variância para o rendimento de *E. grandis* apresentado no APÊNDICE 2.

Nota-se para essa espécie que o rendimento em madeira serrada diminui com o aumento de classe diamétrica, observando-se uma redução de aproximadamente um ponto percentual entre as classes diamétricas 1 e 2 e uma redução de aproximadamente dois pontos percentuais entre as classes diamétricas 2 e 3.

É normal se esperar o aumento do rendimento em madeira serrada, com o aumento da classe diamétrica, situação que não foi observada no presente trabalho. Essa situação provavelmente pode ter-se observado pelo fato das toras utilizadas na maior classe diamétrica, apresentarem defeitos tais como a presença de sulcos, sapopémas e presença de raízes tabulares nas toras, aparentando serem toras coletadas na região basal do tronco da árvore, contrariamente das toras das classes diamétricas 2 e 3 que aparentavam ser coletadas de uma região mais cilíndrica do tronco.

Esta situação não foi possível de evitar em função das toras disponíveis na serraria durante a coleta. Outro fator importante foi que durante o desdobro tentou-se no máximo não interferir na atividade normal e no fluxo produtivo da empresa. Rocha (2000) também obteve a redução do rendimento com o aumento da classe diamétrica utilizando modelo de desdobro tangencial de toras de *E. dunnii*.

Em outro estudo feito com madeira de *Pinus elliottii*, Ribas *et al.* (1989) também observaram a redução do rendimento com o aumento da classe diamétrica. De uma forma geral os rendimentos em madeira serrada encontrados neste estudo para as classes diamétricas estudadas não foram compatíveis com os valores de rendimento reportados pela literatura, principalmente devido a adaptação da metodologia utilizada, lembrando que essa adaptação foi realizada como forma de se atingir o objetivo principal do estudo que foi de quantificar o rendimento em subprodutos na forma de serragem e em forma de costaneiras.

Carpinelli (2002) afirma que o rendimento do desdobro de toras e a produtividade em madeira serrada de uma floresta de *E. grandis*, varia de 33% a 61%, estando um pouco abaixo dos valores encontrados nesta pesquisa.

Não obstante, Batista *et al.* (20013a), obtiveram valores rendimentos em madeira serrada relativamente próximos aos encontrados neste estudo, no desdobro

de toras provenientes de clones de *E. grandis* utilizando a motosserra, sendo 66,6% nas toras da classe diamétrica 3, valor este que segundo os autores pode ter sido influenciado pelos tipos de produtos obtidos do desdobro.

Em outro estudo com toras de *E. dunnii*, PEREIRA *et al.* (1999), obtiveram resultados semelhantes em rendimento que foram de 69,13% e 69,29%, no desdobro em serra fita. Estudando madeira tropical, Valério *et al.* (2007) também observaram resultados semelhantes no rendimento em madeira serrada sem casca nas classes diamétrica 36-43,9cm e 52-59,9cm estimando em cerca de 69,14% e 69,34%,

Ainda na TABELA 5 pode-se verificar que o rendimento em subprodutos na forma de serragem foi estatisticamente igual entre as classes diamétricas 1 e 3. No entanto, estas duas classes diamétricas foram estatisticamente diferentes em relação a classe diamétrica 2 que teve menor rendimento em serragem.

Em relação ao rendimento em costaneiras, verificou-se um aumento, com o aumento da classe diamétrica, no entanto, esses valores foram estatisticamente iguais entre as classes diamétricas 2 e 3, que por sua vez foram estatisticamente diferentes em relação a classe diamétrica 1 que teve menor rendimento.

Esta situação era de se esperar em função das características das toras utilizadas, pois as toras das menores classes diamétricas eram mais cilíndricas e com isso menor volume de costaneiras influenciando assim no rendimento final em costaneiras. Os valores de rendimento e costaneiras foram considerados relativamente altos, estimando-se uma média próxima de 30%.

Para situações em que não se faz o devido aproveitamento desse material, estas perdas podem ser consideradas elevadas, estimando-se em cerca de 30m³ de perda para cada 100m³ de madeira em tora. Valério *et al.* (2007), obtiveram valores de rendimento em subprodutos relativamente superiores em toras de *Araucaria angustifolia* estimando um aproveitamento em madeira com casca variando de 37,73% a 51,17% em função da classe diamétrica.

4.2.2. Rendimento em subprodutos de *E. saligna*

Em relação a *E. saligna*, os resultados do teste de tukey também apresentados na TABELA 5, resultantes do quadro de análise de variância para *E. saligna* no APÊNDICE 3, é possível observar que as classes diamétricas 2 e 3 foram estatisticamente iguais em termos de rendimento de madeira serrada e, por sua vez,

essas duas classes foram estatisticamente diferentes em relação à classe diamétrica 1 que teve menor rendimento.

Contrariamente a *E. grandis*, para *E. saglina* o aumento do diâmetro das toras, resultou no aumento do rendimento em madeira serrada. Sendo que, nas toras de *E. saligna* houve ganhos no rendimento em madeira em aproximadamente dois pontos percentuais nas classes diamétricas 2 e 3 em relação a classe diamétrica 1.

Os resultados de rendimento em madeira serrada apresentados TABELA 5 para esta espécie também foram relativamente altos, em resultado da metodologia adotada. Serpa *et al.* (2003) analisando rendimento em madeira serrada da mesma espécie, obtiveram valores de rendimento um pouco inferiores aos deste estudo.

Os autores obtiveram cerca de 66,83% no rendimento em madeira serrada. No seu estudo, os autores afirmam que a sua maior produção do rendimento é atribuída à obtenção de peças de grandes dimensões sem a execução do refilo das mesmas minimizando-se as perdas por produção de serragem e refilos.

Em relação ao rendimento em forma de subprodutos, observou-se que o rendimento em serragem teve uma tendência diferente àquela observada no rendimento em madeira serrada, verificando-se uma redução com o aumento da classe diamétrica. As classes diamétricas 1 e 2, foram estatisticamente iguais entre si, assim como foram estatisticamente iguais as classes diamétricas 2 e 3. Por sua vez verificaram-se diferenças estatísticas entre as classes diamétricas 1 e 3.

Em relação ao rendimento em serragem, o desdobro em serra fita gera poucas perdas em serragem, no entanto, Biasi e Rocha (2007), estudando a geração de subprodutos em madeira tropical utilizando serra fita, obtiveram rendimento em serragem relativamente superiores aos observados neste estudo, variando de 5,74% a 7,53%.

Em relação ao rendimento em costaneiras, observou-se que as três classes diamétricas, foram estatisticamente iguais. Contrariamente a *E. grandis*. Para a espécie *E. saligna*, verificou-se uma redução do rendimento em costaneiras, com o aumento da classe diamétrica.

Para *E. saligna* essa situação era de se esperar em função dos altos rendimento em madeira serrada observados nas classes de maior diâmetro das toras ocasionando a redução de perdas em subprodutos nessas classes.

Estes resultados são semelhantes aos resultados de Biasi e Rocha (2007) que no desdobro de toras de madeira tropical também obtiveram no qual os autores

observaram redução do rendimento em subprodutos com o aumento da classe diamétrica.

4.3. Rendimento final em sarrafos aproveitados

O rendimento final em sarrafos aproveitados na serraria para produção de painéis colados lateralmente, foi determinado para cada classe diamétrica, tendo em conta o volume úmido de sarrafos e o volume final após secagem e usinagem em relação ao volume total das toras desdobradas como se observa na TABELA 6.

TABELA 6. RENDIMENTO EM SARRAFOS ÚMIDOS, SECOS E USINADOS POR VOLUME DE TORAS DE *E. grandis* e *E. saligna* DESDOBRADAS POR CLASSE DIAMÉTRICA.

Espécie	Classe diamétrica (cm)	Rendimento em sarrafos (%)				
		Úmidos	Secos	Usinado	Perdas Secagem	Perdas Usinagem
<i>E. grandis</i>	1(25-32)	3,18	2,70	1,70 A		
	2(32-39)	2,40	2,04	1,29 A	15,19	46,35
	3(>39)	2,01	1,71	1,07 A		
<i>E. saligna</i>	1(25-32)	4,21	3,67	2,24 B		
	2(32-39)	4,10	3,56	2,19 B	13,18	46,39
	3(>39)	2,66	2,31	1,43 A		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si com base no teste de tukey a 99% de probabilidade.

FONTE: O Autor (2015)

4.3.1. Perdas de volume em secagem e usinagem

De uma forma geral, pelos valores de rendimento em sarrafos úmidos, secos e usinados aproveitados pode-se observar na TABELA 6 que as duas espécies de eucalipto apresentaram percentuais de perdas de rendimento relativamente altos. Das estimativas feitas nas 35 peças amostradas para cada espécie, para avaliar o percentual de perdas em volume para obtenção do rendimento final, obteve-se cerca de 15,19% e 46,35% de perdas para *E. grandis*, e 13,18% e 46,39% de perdas para *E. saligna* na secagem e usinagem dos sarrafos respectivamente.

As perdas que ocorreram na secagem podem ser consideradas relativamente cruciais e de maior importância, sendo difíceis de se controlar em resultado da umidade final que se pretende para utilização dos sarrafos. Em relação as perdas que

ocorrem por usinagem, essas podem ser evitadas em função da presença de defeitos, e das dimensões que se pretendem com os sarrafos para obtenção do produto final.

Os percentuais de perdas de volume dos sarrafos, obtidos para *E. grandis*, foram relativamente superiores em relação aos valores encontrados por Rocha (2000) na secagem de madeira da mesma espécie até 15% de umidade, valor esse que foi de 6,72%. Batista *et al.* (2010), também obtiveram valores relativamente inferiores, no que se refere aos percentuais de perda de volume na secagem da madeira de clones de *E. grandis* até 10% de umidade, onde os valores encontrados pelos autores foram de 6,95% no clone 1; 7,79% no clone 2, e 8,40% no clone 3.

Para *E. saligna*, Batista *et al.* (2013b), estudando a secagem de clones da referida espécie, encontraram percentuais relativamente baixos nos clones 1 e 2 que foram de 9,40% e 9,74% respectivamente. Porém no seu estudo, os autores encontraram para o clone 3, um percentual de perdas de volume em secagem, relativamente próximo ao valor encontrado neste estudo que foi de 12,04%.

Em relação à perda de rendimento após a usinagem, os valores diferiram dos resultados encontrados por Batista *et al.* (2010, 2013b). Os resultados obtidos para o percentual de perdas por usinagem, são de difícil comparação com os resultados de outros autores em resultado das diferenças observadas nas dimensões das dimensões finais pretendidas após a usinagem dos sarrafos.

4.3.2. Rendimento em sarrafos para *E. grandis*

Observando os valores apresentados na TABELA 6 para *E. grandis*, verifica-se que em termos de rendimento em sarrafos, não foram observadas diferenças estatísticas entre as três classes diamétricas, e que os rendimentos em sarrafos não foram influenciados pela variação do volume das toras, observando-se uma redução do rendimento em sarrafos, com o aumento do volume de toras.

Tratando-se de madeira de aproveitamento, os rendimentos em sarrafos obtidos para as três 3 classes diamétricas, podem ser considerados relativamente satisfatórios, mesmo em consideração de que o maior percentual de aproveitamento total da tora, ocorreu na menor classe diamétrica com 1,79%, seguindo-se da classe diamétrica 2 com 1,29% e finalmente a classe diamétrica 3 com 1,07% de aproveitamento.

4.3.3. Rendimento em sarrafos para *E. saligna*

Para *E. saligna*, os resultados também se encontram apresentados na TABELA 6, observando que os mesmos tiveram mesma tendência verificada para *E. grandis*, com redução do rendimento em sarrafos com o aumento do volume das toras.

Porém, não foram observadas diferenças significativas no rendimento final de sarrafos entre as classes diamétrica 1 e 2, que por sua vez foram estatisticamente diferentes em relação à classe diamétrica 3 que teve menor rendimento. O melhor aproveitamento final de subprodutos em relação ao volume total da tora foi observado nas classes diamétricas 1 e 2 que foram de 2,24% e 2,19% respectivamente, em relação à classe diamétrica 3 que teve o aproveitamento de subprodutos relativamente inferior (1,43%), tendência semelhante à observada no *E. grandis*.

Essa situação, sugere que toras de grandes diâmetros tendem a apresentar menor percentual de aproveitamento na obtenção de subprodutos em forma de sarrafos, em relação às toras de menores diâmetros, que geram maiores porcentagens de volume aproveitado, situação que pode ser ruim para empresas que processam madeiras de grandes dimensões.

Para efeitos de aproveitamento e produção empresarial, situações em que se trabalham diariamente com desdobro e processamento de grandes volumes de toras, evidentemente, o volume aproveitado será maior podendo ser uma alternativa para a geração de renda para a própria empresa.

Do ponto de vista operacional, os valores de percentual de perdas, indicam a volume de sarrafos que pode ser realmente aproveitado após a secagem e usinagem no desdobro de um determinado volume de toras, *E. grandis* e *E. saligna*.

Assumindo que o objetivo seja a obtenção de um produto de maior valor agregado com dimensões semelhantes às aquelas utilizadas para a realização desse estudo (720mm X 320mm X 16mm), considerando-se as mesmas condições de secagem e usinagem, espera-se que em 100m³ de toras de *E. grandis*, sejam aproveitados 1,7m³, 1,29m³ e 1,07m³ de sarrafos para obtenção de 106,25m², 80,625m², 66,875m² de produtos colados a partir de toras da classe diamétrica 1, 2 e 3 respectivamente.

Considerando-se *E. saligna*, em 100m³ de toras espera-se um aproveitamento maior, em cerca de 2,24m³, 2,19m³ e 1,43m³ de sarrafos para

obtenção de 140m², 136,875m², 89,375m² de produtos colados obtidos de toras da classe diamétrica 1, 2 e 3 respectivamente.

4.4. Caracterização dos painéis colados lateralmente

4.4.1. Resistência a Colagem de topo

Na TABELA 7 estão apresentados os valores referentes a resistência à ruptura, em ensaios de flexão estática e tração normal nas emendas de topo, por cada pré-tratamentos a que os corpos-de-prova, foram submetidos.

TABELA 7. VALORES DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE COM MADEIRAS *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus saligna*

Ensaio	Tratamento	MOR (Mpa)	CV (%)
Flexão estática	Seco	62,643A	28,62
	Elevadas temperaturas	44,077B	
	Três ciclos	28,756C	
Tração Paralela	Seco	35,259A	35,05
	Elevadas temperaturas	32,254B	
	Três ciclos	24,708C	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si com base no teste de tukey a 99% de probabilidade. MOR=Módulo de Ruptura; CV=Coeficiente de Variação;
FONTE: O Autor (2015)

a) Resistência a Flexão estática

De acordo com os resultados observados na TABELA 7, os valores de resistência em flexão estática foram estatisticamente diferentes entre os pré-tratamentos submetidos, observa-se também que o pré-tratamento seco foi o que apresentou maior resistência em flexão estática na colagem de topo sendo que o pré-tratamento de três ciclos, foi o que apresentou menor resistência em flexão.

O maior valor de resistência observado neste estudo (62,643Mpa), foi superior em relação ao maior valor de resistência observado por Prata (2010), que foi de 41,16 Mpa, em painéis produzidos com madeira de *P. tecunumanii* usando o adesivo PVAc para as emendas de topo. Essa diferença de resistência provavelmente

ocorreu, devido às características das espécies utilizadas para produção dos painéis, uma vez que as espécies de *Eucalyptus spp*, utilizadas neste estudo apresentam na sua estrutura, vasos de maior diâmetro, em relação a madeira de *Pinus sp*, contribuindo na penetração do adesivo e melhoria da qualidade de colagem.

Esta observação pode ser confirmada por Vick e Rowell (1990), segundo os quais o melhor desempenho em resistência pode ser atribuído à melhor penetração do adesivo nos lumens das células em consequência da maior permeabilidade da madeira.

Martins (2011) utilizando o adesivo PVAc para colagem de *E.benthamii*, obteve 68,05 Mpa, resultado relativamente superior aos observados neste estudo. Todavia no mesmo estudo, a autora utilizando o adesivo Poliuretano também para colagem de topo, obteve 46,49Mpa assemelhando-se assim aos resultados obtidos neste estudo com o adesivo PVAc.

Em outro estudo também com madeira de *E. benthamii* Cunha *et al.* (2009) citado por Martins (2011), obtiveram resultados também superiores em resistência a flexão estática, os autores observaram cerca de 78,29 Mpa. Por outro lado, Almeida (2013), utilizando também o adesivo PVAc nas emendas de topo, com subprodutos de madeira tropical, encontrou resultados relativamente inferiores no pré-tratamento seco para a maioria das espécies, exceto na madeira de Tauari (*Couratari sp.*), em que o autor obteve 62,90Mpa assemelhando-se assim a resistência observada neste estudo.

Em relação ao pré-tratamento a três ciclos, onde se observou menor resistência, esse valor foi relativamente inferior em relação aos resultados observados por Prata (2010) que observou para este pré-tratamento, o mínimo valor de 46,42 Mpa em painéis montados com madeira de *P. chiapensis*. Almeida (2013), também obteve valores superiores em relação a este estudo, na resistência para este pré-tratamentos, sendo que o valor mínimo obtido pelo autor, foi de 43,59Mpa na colagem da madeira de Muiracatiara.

Como se pode observar, os pré-tratamentos feitos aos corpos de prova, ocasionaram a redução da resistência, segundo Pizzi (1983), Marra (1992), isto é comum em adesivos termoplásticos pois, os mesmos sofrem influência direta da temperatura podendo voltar ao estado gel quando a mesma for alta, explicando assim a influência dos pré-tratamentos submetidos na resistência da colagem de topo nos ensaios de flexão dos painéis.

Os valores de resistência obtidos nos ensaios são considerados satisfatórios uma vez que os mesmos foram superiores em relação aos mínimos requisitos especificado pela norma que são (6,9 Mpa), em ensaios de três ciclos e a elevadas temperaturas, e 13,8Mpa para ensaios na condição seca. Indicando uma boa adesão dos sarrafos das duas espécies de eucalipto na montagem das emendas de topo dos painéis, situação essa que permite a sua utilização em situações que requerem a aplicação de uma força perpendicularmente longitudinal da madeira em ambiente seco.

Comparando com estudos realizados com madeira maciça, vários autores, entre eles Junior & Garcia (2004), estudando *E. urophylla*, Lima & Garcia (2011) caracterizando *E. grandis*, encontraram resultados relativamente baixos, variando de duas a três vezes menos em relação aos resultados deste estudo para resistência em flexão estática observados nas emendas montadas com subprodutos das duas espécies deste estudo.

b) Resistencia a Tração Paralela

Em relação à tensão máxima em tração paralela alguns autores consideram que este tipo de ensaio para emendas *finger joint*, não afeta a eficiência das emendas, no entanto os mesmos foram realizados em função das limitações que as emendas *finger joint* exercem em caso de aplicações estruturais, como se observam pelos valores médios também apresentados na TABELA 7.

Pode-se observar que neste ensaio o pré-tratamento seco também foi o que apresentou melhor resistência pela maior média absoluta e como era de se esperar, o pré-tratamento de três ciclos foi o que apresentou a menor resistência em tração paralela. Em termos estatísticos observaram-se diferenças significativas entre os três tratamentos como se pode observar o quadro de análise de variância para a tração normal apresentado no APÊNDICE 4.

Em relação aos valores apresentados na TABELA 7, Prata (2010), avaliando painéis de madeira feitos com seis espécies de pinus tropicais obteve resultados diferentes. O autor obteve resultados inferiores no tratamento seco, observando, 30,37Mpa de resistência a tração, em painéis feitos com madeira de *P. caribaea hondurensis*.

No pré-tratamento a elevadas temperaturas o autor obteve resultados relativamente inferiores exceto em painéis produzidos com madeira de *P. caribaea hondurensis* e *P. tecunumanii* 32,91Mpa e 35,33Mpa de resistência respectivamente. Para o pre-tratamento de três ciclos, o autor um máximo de 39,23Mpa em resistência a tração paralela de painéis montados com madeira *P. tecunumanii*.

Amparado (2008), estudando a qualidade de painéis colados lateralmente obtidos com madeira de *Eucalyptus saligna* obteve valores de resistência relativamente inferiores nas emendas *finger joint* variando de 25,93kgf/cm² para 56,85kgf/cm² valor equivalente a aproximadamente 5,6 Mpa em painéis simples e duplos respectivamente.

Comparando com madeira maciça, Nascimento *et al.* (2001) encontraram 26,985 MPa em resistência a tração paralela para *E. citriodora* proveniente de Minas Gerais. Em um outro estudo, Logsdon & Junior (2002), com madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora*, obtiveram valores relativamente superiores de resistência à tração, situados em 50,46Mpa e 103,78Mpa respectivamente para as duas espécies.

Semelhante aos ensaios de flexão estática, a resistência em tração paralela atendeu aos mínimos requisitos estabelecidos pela norma, a qual indica 13,8Mpa de resistência em tratamento seco, e 6,9Mpa de resistência nos tratamentos de três ciclos e a elevadas temperaturas.

Pode-se observar pelos resultados, que os ensaios com emendas dentadas, tendem sempre a apresentar esforços de colagem, tanto na resistência à flexão estática, assim como na resistência a tração paralela, atendendo sempre os mínimos requisitos estabelecidos pela norma indicando mais uma vez um bom desempenho de colagem para as duas espécies de eucalipto utilizadas na confecção dos painéis.

4.4.2. Variação da resistência em função da Massa específica

a) Flexão estática

Uma explicação sobre a variação da resistência dos painéis montados com a mistura das duas espécies, pode ser analisada pela influência da sua massa específica no desempenho da colagem, ilustrado na FIGURA 9.

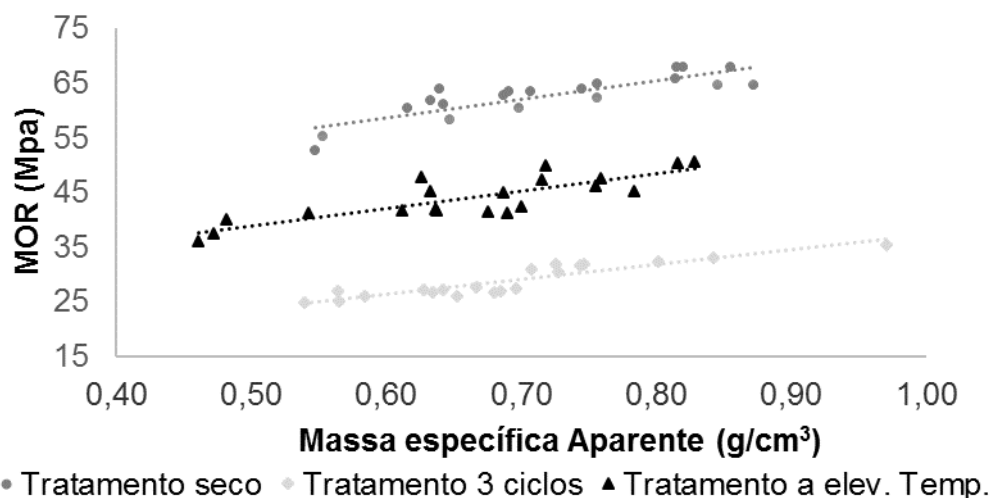


FIGURA 9. Variação da resistência em flexão estática em função da massa específica dos painéis
 FONTE: O Autor (2015)

Observando a FIGURA 9 para os três pré-tratamentos, verifica-se que a resistência em flexão estática, tende a aumentar com aumento da massa específica aparente dos painéis. Sendo que no pré-tratamento de três ciclos essa tendência foi mais acentuada em relação aos demais pré-tratamentos.

Gaspar *et al.* (2005), também encontraram aumento da resistência com o aumento da massa específica, no entanto, os autores afirmam que esse aumento, só ocorre até um certo limite de massa específica (0,7 a 0,8 g/cm³) acima deste limite, verifica-se uma estabilização até mesmo decréscimo na resistência com o aumento da massa específica aparente.

Prata 2010, obteve a mesma tendência, na avaliação de resistência de painéis obtidos com madeira de *Pinus spp.* Seguindo assim a mesma teoria sugerida por Vick (1999).

b) Tração Paralela

Situação semelhante pode se observar pela variação de resistência em tração paralela ilustrado na FIGURA 10 para os pré-tratamentos seco, três ciclos e a elevadas temperaturas.

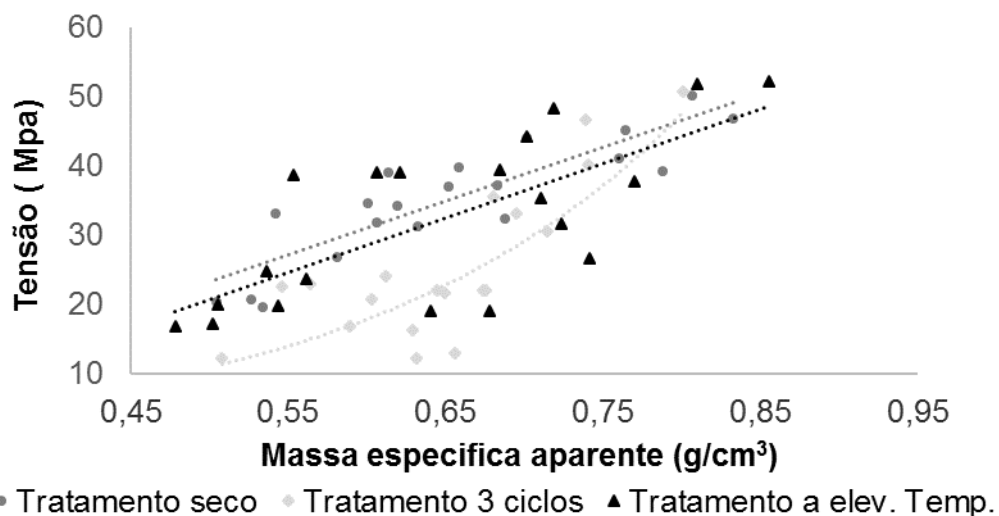


FIGURA 10. Variação da resistência em tração paralela em função da massa específica dos painéis.
 FONTE: O Autor (2015)

Semelhante a resistência em flexão estática, a tensão em tração paralela também aumentou com o aumento da massa específica nos três pré-tratamentos avaliados.

Ainda na FIGURA 10 observa-se que no pré-tratamento de três ciclos a variação da tensão em tração paralela é mais acentuada, chegando mesmo a se observar uma relação exponencial, com o aumento da massa específica. Mais uma vez a influência dos pré-tratamento, mostraram que foram um importante fator a se considerar para a redução da resistência em estruturas expostas, a períodos prolongados de calor e umidade.

A importância da avaliação dos pré-tratamento submetidos, pode ser suportada por Back & Salmén (1982); Irvine (1984) segundo os quais, a elevação da temperatura nestes materiais ocasiona amolecimento dos polímeros acompanhado pelas mudanças importantes nas suas propriedades mecânicas influenciando no seu desempenho mecânico.

Importa referir que na análise dos corpos de prova ensaiados, observou-se que o efeito dos pré-tratamentos aplicados não foi significativo na madeira, tendo apenas maior impacto na eficiência do adesivo, pois na maior parte dos corpos de prova ensaiados, se deu rompimento na linha de cola, que provavelmente ocorreu devido a elevada resistência da madeira utilizada conferindo-a uma boa qualidade.

Prata (2010) trabalhando com madeira de *Pinus sp* encontrou resultados diferentes, o autor observou rompimento na própria madeira em resultado do efeito dos pré-tratamentos. Segundo o autor, essa situação provavelmente ocorreu devido à perda de alguns constituintes químicos (gomas, taninos, açúcares e corantes) durante a imersão dos corpos de prova.

Ainda segundo o autor, esses constituintes químicos são fatores de grandeza química e/ou física na madeira e a sua remoção durante os pré-tratamentos pode ocasionar enfraquecimento da madeira ocorrendo o seu esmagamento ou rompimento pelos mordentes da máquina durante os ensaios.

4.4.3. Modelos ajustados para variação da resistência

As variações da resistência com a massa específica ilustradas na FIGURA 9 e FIGURA 10, podem ser explicadas pelos modelos apresentados na TABELA 8.

TABELA 8. MODELOS PARA VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA e TRAÇÃO PARALELA DOS PAINÉIS EM FUNÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA A 95% DE PROBABILIDADE

Ensaio	Tratamento	Modelo	R ²
Flexão estática	Seco	MOR=34,10(Ma)+38,13	0,72
	Elevadas temperaturas	MOR=31,99(Ma)+22,85	0,68
	Três ciclos	MOR= 27,38(Ma)+9,85	0,84
Tração paralela	Seco	MOR=77,7 (Ma) +15,60	0,77
	Elevadas temperaturas	MOR =78,67(Ma) +18,64	0,52
	Três ciclos	MOR=0,949e ^{4,891(Ma)}	0,58

MOR=Módulo de ruptura Ma= Massa específica em g/cm³, R²= Coeficiente de determinação a 95% de probabilidade.

FONTE: o Autor (2015)

a) Resistência em flexão estática

Como se observa na TABELA 8, dos ensaios em flexão estática obtiveram-se modelos lineares, com valores de coeficientes de determinação, moderados, possibilitando assim a obtenção de correlações boas entre a resistência em flexão

estática e a massa específica aparente dos painéis. Os modelos ajustados nos pré-tratamentos em ensaios em flexão estática possibilitam a predição do MOR em flexão estática com base na variação da massa específica dos painéis, 95% de probabilidade. As melhores correlações entre a resistência em flexão estática e a massa específica foi observada no pré-tratamento de 3 ciclos com 84% de coeficiente de determinação.

Iwakiri *et al.* (2008) avaliando a influência da massa específica aparente sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados também obtiveram modelos lineares, porém com valores de correlações relativamente superiores, os autores obtiveram coeficientes de determinação de 90%. Em seu estudo com painéis colados lateralmente, Prata (2010) também encontrou correlações lineares relativamente fortes (92%), entre a variação da resistência e a massa específica aparente.

Em estudos com madeira maciça, Ribeiro (2009) encontrou melhores correlações de 99% na predição da resistência e calibração de modelos para a madeira de eucalipto. Schimleck *et al.* (2001) estimando as propriedades da madeira de *Eucalyptus delegatensis*, usando a espectroscopia de infravermelho próximo, também obtiveram correlações fortes, com uma calibração de 90% para resistência em flexão estática.

b) Resistência em tração paralela

No que diz respeito a tensão a tração paralela também apresentados na TABELA 8, podem-se observar correlações moderadas e altas, com a variação da massa específica, explicadas pelos coeficientes de determinação nos modelos lineares dos pré-tratamentos secos e a elevadas temperaturas, que foram de 77% e 69% respectivamente.

No entanto, para o pré-tratamento de três ciclos, o modelo que melhor se ajustou para estimar a variação da tensão com o aumento da massa específica, foi o modelo exponencial mesmo assim as correlações foram relativamente inferiores com cerca de 58% de coeficientes de determinação. Prata (2010) obteve correlações fortes entre massa específica e a resistência a tração normal, onde o autor salienta ainda que o fator gramatura também teve influência significativa sobre a variável resistência.

Os resultados apresentados, indicam que a aplicação dos modelos matemáticos para predição da resistência em flexão estática e tração paralela dos painéis submetidos aos pré-tratamentos se mostraram satisfatórios, mesmo que em alguns casos, os efeitos dos pré-tratamentos tenham provocado redução dos coeficientes de determinação estimados.

Porém, para utilizações no campo das ciências florestais, estes modelos podem ser considerados na leituras e predições preliminares de resistência de painéis colados lateralmente obtidos a partir de madeira de *E. grandis* e *E. saligna*.

4.4.4. Resistência ao cisalhamento

O desempenho da resistência na linha de cola dos painéis foi avaliado pela resistência ao cisalhamento, porcentual de falhas e do quinto percentil inferior dos, como se observa na TABELA 9.

TABELA 9. VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO, PORCENTAGEM DE FALHAS E QUINTO PERCENTIL INFERIOR DOS PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE

Imersão por 24 horas		
	Tensão (Mpa)	Falhas (%)
Média	48	34,73
CV (%)	28	29
Desvio	13,4	10,08
D	2,65	

MOR=Módulo de ruptura, CV=coeficiente de variação, D= 5º percentil inferior.

FONTE: O Autor (2015)

Observando a TABELA 9, mesmo após a imersão dos corpos de prova por 24 horas, o resultado obtido para o valor médio da máxima tensão em cisalhamento nos painéis, foi satisfatório, considerando as condições de colagem e de prensagem utilizadas.

Era esperado que a resistência em cisalhamento fosse relativamente baixa, pois o adesivo utilizado para colagem lateral aparentava viscosidade relativamente alta, situação essa que dificulta a penetração e colagem da madeira, pois segundo Iwakiri (2005) & Marra (1992), a maior viscosidade pode favorecer a menor mobilidade do adesivo, ocasionando a baixa penetração do mesmo, dificultando a colagem de madeira densa. Os autores ainda salientam que a formulação e quantidade do adesivo que será aplicado para a colagem, é em função da madeira a ser colada e dos parâmetros do ciclo de prensagem adotados na colagem.

Contrariamente ao observado por Lobão & Gomes (2006), a utilização de madeiras de duas espécies diferentes, originou resultados satisfatórios de resistência na colagem. E apesar da colagem de madeiras com diferentes massas específicas, a ruptura ocorreu na maioria das vezes na linha de cola e não na madeira menos densa conforme relata o autor.

Não obstante, os resultados da TABELA 9 foram superiores em relação aos valores obtidos por Iwakiri (2007), utilizando gramaturas inferiores do adesivo PVAc para confecção de EGP com madeira de *Eucalyptus grandis*, o qual obteve a 8,8 Mpa. No outro estudo, Lobão & Gomes (2006) utilizando madeira *Eucalyptus* sp, porém com o adesivo comercial resorcinol-formaldeído, também obteve valores relativamente inferiores colando madeiras de alta densidade com fibras paralelas (9,7 Mpa), bem como na colagem de madeiras de alta densidade com fibras perpendiculares (8,0 Mpa).

Importa lembrar que neste estudo utilizou-se o EPI para a colagem lateral, este adesivo é considerado por vários autores como tendo um excelente desempenho das uniões adesivas, situação essa que é sustentada por Almeida (2013), na colagem de resíduos de madeira tropical, e Bila (2014) estudando madeira de espécies tropicais, onde os autores também obtiveram excelentes resultados com o adesivo EPI, também utilizando gramaturas inferiores.

Ainda na TABELA 9, observa-se que o valor médio da porcentagem de falhas na madeira, estão próximos dos 40% que são os mínimos requisitos estabelecidos pela norma EN:13353 em ensaios de cisalhamento, no entanto os mesmos podem ser considerados baixos.

O baixo percentual de falhas observado pode estar relacionado com a gramatura utilizada, que provavelmente não é a mais adequada para a colagem de madeira de *E. grandis* e *E. sligna*. Neste sentido, a elevada gramatura e a elevada viscosidade observada, podem ter contribuído na rápida solidificação do adesivo e na baixa penetração do mesmo na madeira. Essa situação ocasiona a formação de linha de cola mais espessa, afetando a colagem e dificultando o arrancamento das fibras nas faces coladas.

Por outro lado, provavelmente o pré-tratamento por imersão durante 24 horas, pode ter ocasionado o enfraquecimento do adesivo EPI. Bila (2014) utilizando o mesmo adesivo na colagem de madeira tropical, observou uma redução do percentual de falhas em madeira submetida aos pré-tratamento sugerindo a influência dos

mesmos sobre a resistência do adesivo e consequente surgimento de falhas na madeira.

Outro aspecto importante pode estar associado as características da madeira, pois no presente estudo foi utilizado madeira obtida de subprodutos retirados da costaneira, que provavelmente apresentavam o lenho mais desenvolvido e com maior porcentagem de madeira adulta, que podem ter apresentado resistência na separação entre as fibras para a formação de falhas na madeira.

Essa situação é sustentada por Prata (2010) que encontrou altos percentuais de falhas em madeira de massa específica baixa. Albino *et al.* (2010) que obteve maior porcentagem de falha na madeira da região próxima à medula, e menor porcentagem de falha na região próxima à casca, sugerindo assim que a qualidade da madeira também influencia no percentual de falhas que surgem em ensaios de cisalhamento.

Não obstante, Iwakiri *et al.* (2013); Vital *et al.* (2006) estudando juntas produzidas com madeira de eucalipto e pinus, encontraram percentuais de falha semelhantes aos obtidos neste estudo, situados em 35,97% para o *Eucalyptus benthamii*, utilizando o adesivo PVAc e 35,73% para o *Eucalyptus saligna*. Por outro lado, Bila (2014), Almeida (2013) utilizando madeiras tropicais obtiveram valores de falhas na madeira relativamente altos em relação aos valores obtidos nesta pesquisa.

O quinto percentil inferior também apresentado na TABELA 9 também satisfaz os mínimos requerimento exigidos pela norma que sugere (5º percentil inferior $\geq 2,5\text{Mpa}$) cada vez mais que a utilização das madeiras das duas espécies para construção dos painéis, produziu linhas de cola que apresentaram resistências distribuídas de forma aproximadamente uniforme em todos.

No entanto, apesar dos baixos percentuais médios de falha, e da elevada resistência média observada na TABELA 9, a variação da resistência causou o aumento da proporção de falhas, como ilustra a FIGURA 11.

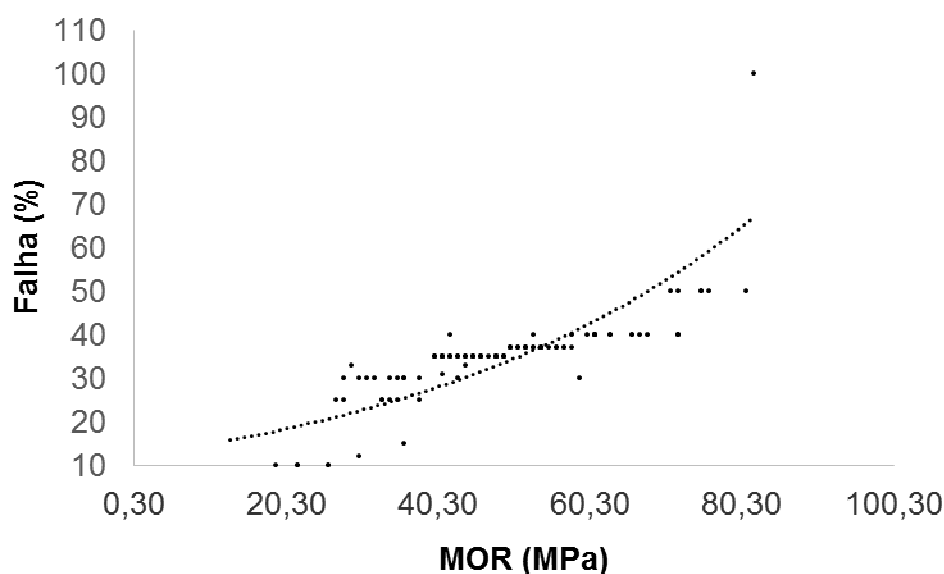


FIGURA 11. Variação do percentual de falhas nas faces coladas em função da resistência em cisalhamento dos painéis $F=12,004E0,021MOR$; $R=0,58$; *significativo a 95% de probabilidade.

FONTE: O Autor (2015)

Pode-se observar pela FIGURA 11 que a porcentagem de falha aumentou de forma exponencial com o aumento da resistência na madeira, variando de 5% em extremos inferiores podendo atingir valores extremos de até 80% de falhas. Prata (2010); Almeida (2013); Bila (2014), observaram que o aumento da resistência tende a ocasionar o surgimento de falhas na madeira.

Normalmente o percentual de falhas na madeira é um importante parâmetro na avaliação dos ensaios de adesão, sendo que elevados percentuais de falha na madeira são indicativos de boa adesão.

O mesmo se aplica no presente estudo que apesar da influência negativa do pré-tratamento sobre o percentual de falhas, em função da elevada média de resistência em tensão de cisalhamento, foram observadas correlações moderadas, porém satisfatórias entre as duas variáveis a 95% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Tendo em consideração os objetivos traçados, conclui-se que:

5.1.1. *Em relação as Propriedades físicas das espécies*

Tanto o *Eucalyptus grandis*, assim como o *Eucalyptus saligna* apresentaram valores relativamente elevados de massa específica e por consequente maior contração da madeira.

Os valores de coeficientes de anisotropia observados nas duas espécies são considerados baixos, conferindo estabilidade dimensional da madeira das duas espécies de eucalipto.

5.1.2. *Em relação ao rendimento final aproveitado.*

Para *E. grandis*, verificou-se o aumento do rendimento em costaneiras com o aumento da classe diamétrica contrariamente ao *E. saligna* onde verificou-se redução do rendimento com o aumento da classe diamétrica.

Tanto para *E. grandis* assim como para *E. saligna* observou-se maior rendimento em sarrafos nas classes de menor diâmetro.

A variação do rendimento em sarrafos é um fator importante para questões de aproveitamento de subprodutos em serrarias, que processam toras de diferentes classes diamétricas.

5.1.3. *Em relação às emendas de topo dos painéis:*

Todos os pré-tratamentos foram satisfatórios tanto em ensaios de flexão estática assim como em tração paralela, por atenderem os mínimos requisitos estabelecidos pela norma.

Os resultados das emendas de topo são um indicativo de uma boa união utilizando-se sarrafos obtidos das duas espécies de eucalipto utilizadas para montagem dos painéis.

Dos modelos obtidos para os ensaios em flexão estática e tração paralela, o pré-tratamento seco é o melhor estima a variação da resistência com variação da massa específica.

5.1.4. Em relação a colagem lateral dos painéis:

Os resultados dos ensaios nos corpos-de-prova submetidos ao cisalhamento de linha cola foram satisfatórios pois atendem aos mínimos requisitos estabelecidos pela norma para resistência de colagem lateral.

Em função dos valores de resistência conclui-se também que a utilização dos subprodutos das duas espécies para a produção de painéis colados lateralmente foi satisfatória.

Recomenda-se utilização dos painéis em ambiente seco apesar dos mesmos se comportarem bem em ensaios com pré-tratamentos para utilização em ambiente úmido.

5.2. Recomendações:

Para empresa recomenda-se à variação da gramatura, da quantidade de adesivo utilizada para colagem lateral e a utilização de outros adesivos nos próximos estudos.

Realização de estudos das propriedades químicas da madeira e a sua influência na qualidade da colagem da madeira das duas espécies de Eucalipto.

Realização de estudos a análise da qualidade de acabamento superficial dos mesmos.

Recomenda-se também que se façam estudos de viabilidade econômica de produção de painéis colados lateralmente a partir de subprodutos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial**. Curitiba: 2008, 52p.

ABREU, L. B.; MENDES, L. M.; DA SILVA, J. R. M.; Aproveitamento de resíduos de painéis de madeira gerados pela indústria moveleira na produção de pequenos objetos **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p171-177, 2009.

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2012 ano base 2011**. Brasília: 2012. 150p.

ACOSTA, M. S. Estado de la tecnologia en usos no tradicionales de la madera de eucalipto en el mercosur y otros países. In: seminário internacional sobre produtos sólidos de madeira de alta tecnologia, in **Anais...Encontro sobre tecnologias apropriadas de desdobro, secagem e utilização da madeira de eucalipto 1998**, Belo Horizonte. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1999. p.82-105.

ACOSTA, M. S. & SEPLIARSKY, F. Tecnología de la madera de eucaliptos colorados: propiedades – usos – posibilidades, **Jornadas Forestales de Santiago Del Estero**, 2005, 21p.

ALBINO, V. C.S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Estudo da interface madeira-adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 509-516, 2010.

ALFONSO, V. A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus l'Herit.* cultivadas no Brasil**. 188f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1987.

ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente - EGP**- 111f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de arvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandisxurophylla*** 133f Tese (Doutorado em Recursos Florestais) Escola superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo-Brasil, 2004.

AMPARADO, K.F. **Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de um plantio de *Eucalyptus saligna* Smith Visando o Segmento Moveleiro**, 43f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Instituto de Florestas, UFRRJ, Rio de Janeiro, 2008.

ASTM 5572 - **Standard Specification for Adhesives Used for Finger Joints in Nonstructural Lumber Products**. West Conshohocken, United States. 1999. 17p.

BATISTA D. C. **Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de nove clones do gênero *Eucalyptus*** 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2009.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T.; Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p 665-674, 2010.

BATISTA, D. C.; CORTELETTI, R. B.; HEGEDUS, C. E. N.; VIADURRE, G. B. Desdobro de *Eucalyptus grandis* com motosserra, parte 1 – análise do desempenho operacional **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2013.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P.; MUÑIZ, G. I. B.; BATISTA, T. R. Volume loss as a tool to assess kiln drying of eucalyptus wood **Floresta e Ambiente** V.20, n.2: p250-256, 2013.

BACK, E. L.; SALMÉN, N. L. Glass Transition of Wood components hold implications for molding and pulping processes. **Tappi Journal**, Norgross, EUA, v. 65, n. 7, 1982, p. 107-110.

BIASI, C P. & ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 1, p95-108, 2007.

BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia** 67f Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. Resíduo de *Pinus* - uma fonte para novos produtos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.68, p156-158, 2003.

BOWYER, J.L.; KALLIO, E.; MONSON, C.R.; NICHOLLS, D.L. Standard blanks: a new alternative to hardwood lumber. **Forest Products Journal**. 36(2) p67–73, 1986.

ATUAL, B. Adesivos, **Especial adesivos** São Paulo Ed 45, p18-24, 2003.

BRAND, M. A. & HASSEGAWA, M. **Determinação da quantidade de resíduos madeiráveis gerados nas indústrias madeireiras em um raio de 150 km do município de Otacílio costa**. Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2005, 67p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D.; CONEGLIAN, A.; BARREIROS, R.M. Qualidade da secagem de *Eucalyptus grandis* mediante vaporização simultânea em toros e em madeira serrada **Silva Lusitana**, Lisboa 14(2): p169 – 180, 2006.

CALORI, J. W.; FIER, I. S. N.; KIKUTI, P. Estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, 5, 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EBRAMEM-EESC/USP, 1995. 116p.

CAMPOS, C.I.; LAHR, F.A.R. Utilização de resíduos de processamento da madeira na fabricação de MDF (Medium Density Fiberboard). In: **Anais...** Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, 8, Uberlândia, UFU, 2002.

CARPINELLI, S. M. **Rendimento no desdobro e produtividade em madeira serrada de uma floresta de *Eucalyptus grandis***. 76f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

CINIGLIO, G. **Avaliação da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla***. 73f. Dissertação (Mestrado em recursos florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (1972). **Maderas. Metodo de Selección de muestras**. COPANT 458.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (1972). **Maderas. Método de determinación de la peso aparente**. COPANT 461.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (1972). **Maderas. Método de determinación de la contracción.** COPANT 462.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira:** Retratibilidade. Santa Maria: (Série Técnica, 10) UFSM, CEPEF/FATEC, 1992, 33p.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding.** Oxford University Press, Oxford: 1994, 288p.

EN 204 – **Adhesives**, Classification of thermoplastic wood adhesives for nonstructural applications. European Standard, Bruxelas, 2001.

EN 205 – **Adhesives**, Wood adhesives for non-structural applications –determination of tensile shear strength of lap joints. European Standard, Bruxelas 2002.

EN 13353 – **Solid wood panels (SWP) – Requirements** – European Standard. Bruxelas, 2003.

EN 13354 – **Solid wood panels – Bonding quality** – Test Method – European Standard. Bruxelas, 2003.

FERREIRA, G. W. **Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* Maiden plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith** 135f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reiw e *Eucalyptus saligna* Smith **IPEF** n.1, p.83-96, 1970.

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M.D.E; FERREIRA, M. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na região de Mogi-Guaçu (S.P.) **IPEF** n.18, p.106-117, 1979.

FINOTTI, A.R.; SCHNEIDER, V.E.; WANDER, P.R.; HILLIG, É.; SILVA, M.D.A. Uso energético de resíduos de madeira na cadeia produtiva de madeira/móveis e possibilidades de geração de créditos de carbono. In: **Anais...Polo Moveleiro da Serra Gaúcha - Sistemas de gerenciamento ambiental na indústria moveleira.** Schneider, V. E., Nehme, M. C., Ben. F. Orgs. Educs, 2006, p191-230.

FOELKEL, C. **Edged Glued Panel** (Painel Colado Lateralmente) PinusLetter n 8 ago 2008 disponível em <www.celso-foelkel.com.br/pinus08.html> acessado em jul de 2014.

FRIHART, C. R. & HUNT, C. G. Adhesives with wood materials bond formation and performance in Forest Products Laboratory, **Wood Handbook-Wood as an Engineering Material**, United States Department of Agriculture Forest Service Madison, 2010, 509p.

GALVAO, A.P.M. & JANKOSWKY, I.P. **Secagem Racional da madeira**, São Paulo, Nobel 1985, 111p.

GASPAR, F.; CRUZ, H.; NUNES, L.; GOMES, A. Fabrico de estruturas lameladascoladas com madeira de pinho bravo tratada em autoclave. **5º in Anais...** Congresso Florestal Nacional, Viseu, 2005.

GERWING, J.; VIDAL, E.; VERÍSSIMO, A.; UHL, C. Rendimento no processamento de madeira no estado do pará; **Série Amazônia** N° 18 - Belém: Imazon, 2000, 38 p.

GLASS, V. S. & ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood in Forest Products Laboratory, **Wood Handbook—Wood as an Engineering Material**. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010, p (4-1)-(4-19).

GONÇALEZ, J. C.; BREDÁ, L. C. S.; BARROS, J.F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G. DA COSTA, A. F.; DO VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, 2006, p329-341.

GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; DELLA LUCIA, R. M.; NAPPO, M.E.; SARTÓRIO R.C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.277-288, 2009.

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalyptus for Wood Production**. CSIRO, Austrália, 1978, 434 p.

INSTITUO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, IPT **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil** São Paulo-Brasil, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. IPT. **Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo de madeiras nacionais:** Tabelas de Resultados Obtidos Para Madeiras Nacionais, Nomenclatura das Madeiras Nacionais. 2.ed. (Boletim Técnico, 31) São Paulo: 1956, 62 p.

IBDF/DPq – LPF, **Madeiras da Amazônia, características e utilização. Estação Experimental de Curuá-Una.** vol.2. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal 1998.

IRVINE, G. The glass transitions of lignin, hemicellulose, and their measurement by differential thermal analysis. **Journal Tappi**, Norgross, EUA, v. 67, n. 5, 1984. p.116-121.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C; GORNIK, E; MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de Eucalipto. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p23-28, 2000.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira reconstituída.** FUPEF. Curitiba.2005, 247p.

IWAKIRI, S. ***Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden Como Fonte de Matéria-Prima para Produção de Painéis à Base de Madeira.** Relatório de pesquisa apresentado ao cnpq – conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico. Curitiba, 2007.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B. M.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E.H. C.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados, **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, p487-493, 2008.

IWAKIRI S.; TRIANOSKI, R.; DA CUNHA, A. B.; PRATA, J. G.; HARA, M.; BILA, N. F.; LUIS, R.C. G.; DE ARAÚJO, R. D.; VILLAS BÔAS, B. T. Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Eucalyptus benthamii* com diferentes adesivos e faces de colagem **Sci. For., Piracicaba**, v. 41, n. 99, p. 411-416. 2013.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P; CAVALCANTE DE ARAUJO, A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras Brasileiras**, Spectrum Comunicação Lta Caxias do Sul-RS, 1990, 169p.

JANKOWSKY, I.P.; SANTOS, G.R.V.; ANDRADE, A. Secagem da madeira serrada de eucalipto. **Separata de Jornadas Forestales de Entre Rios** (15): C2-1-C2-14. 2000.

JANKOWSKY, I.P.; SANTOS, G.R.V.; ANDRADE, A. Secagem da madeira serrada de eucalipto **Circular Técnica do IPEF**, n 199, 2003.

JOKERST, R. W. Forest Products Laboratory. Finger-Joint Wood **Research Paper**, Products Washington, USDA 1981, 24p.

JUNIOR, L.S & GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* **Scientia Forestalis** n 65, p120-129, 2004.

KOLLMANN, F.F.P. & CÔTÉ JR., W.A. **Principles of Wood Science and Technology**. New York: Springer-Verlag, Vol. 1, Berlin Huldberg, 1984, 592Pag.

KLITZKE, R. J. **Secagem da Madeira**. Curitiba: UFPR, 2003, 98p.

LELLES, J. G. & SILVA, J. C. Problemas e soluções sobre rachaduras de topo de madeiras de *Eucalyptus spp.* nas fases de desdobro e secagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p.62-69. 1997.

LIMA, I. L. & GARCIA, J. N. Efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 601-608, 2011.

LIMA, E. G.& SILVA, D. A. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, 2005, 203p.

LOBÃO, M. S. GOMES, A. Qualidade da adesão de madeira de eucalipto em corpos-de-prova colados em dois diferentes planos e densidades **Cerne, Lavras**, v. 12, n. 2, p. 194-200, 2006

LOGSDON, N. B.; JUNIOR, C. C. Influência na umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira, **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 18, p.77-107, 2002.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; PANSINI, A; Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 315-322, 2011.

LOUZADA, J.L.P.C.; MARCOS, S.M.R.; SILVA, M.E.C.M. Avaliação do Comportamento de Secagem da Madeira em Estufa para 14 espécies florestais, in **Anais... II Congresso Ibero Americano, de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais**, Curitiba, Brasil, 2002.

MACEDO, A. N. **Estudo de Emendas Dentadas Em Madeira Laminada Colada (MCL) Avaliação de Metodo de Ensaio**, 124f. (Dissertação) Universidade de São Paulo, Departamento de Estruturas, São Carlos, SP, Brasil. 1996.

MALONEY, T.M. The Family of Wood Composite Materials. **Forest Products Journal**, Madison, v.46, n.2, p19-26. 1996.

MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de Madeira serrada de três espécies tropicais**. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Sector de ciências Agrarias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARCHIORI, J. N. & SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas: Myrtales**. Santa Maria: Editora UFSM 1997, 304p.

MARTINS, V. A. **Secagem de Madeira Serrada** Brasília, IBDF/DPq — LPF, ilustrado, 1988, 52p.

MARTINS, S. A. **Adequação Tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et cambage Para Produção de Painéis colados Lateralmente**. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, UnB- Brasília, 2011.

MARRA, A. A. **Technology of Wood Bonding: Principles in Practice** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, 453p.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas. **Banco Nacional de Desenvolvimento Setorial**. Rio de Janeiro, n. 27, p121-156, 2008.

MAYER, R.D.; **Utilização de painéis colados lateralmente de eucalipto na confecção de móvel valorizado pelo design**. 28f. Monografia (graduação em Engenharia Florestal) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MELO, L.E.L.; SILVA, C.J.; LOPES, K.V.; BRITO, P.G.M. SANTOS I.S. Resíduos de serraria no estado do Pará: caracterização, quantificação e utilização adequada **Floresta e Ambiente**; 19 (1): p113-116, 2012.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da amazônia brasileira. In: **Anais...** Congresso Florestal Brasileiro, 6 Campos do Jordão. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, V. 3, 1990, p 695-699.

MCMAHON, L. GEORGE, B. HEAN, R. *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden), Prime facts for profitable adaptive and sustainable primary industries **PrIMEFACT 979** A Tree Smart Factsheet AU 2010, 11p.

MORAES, R. EUCALIPTO - Oportunidades Para Um Desenvolvimento Sustentável **Silvicultura** CREA /SP- Brasil, 2008. 14p.

NUMAZAWA, S.; CARVALHO, M.S.P.; BRANDÃO, A.T.O.; ALVES, R.L. RODRIGUES, A.F. Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada de oito espécies florestais processadas na empresa comércio madeira dunorte Ltda. In: **Anais...** IX Congresso Internacional de Compensado e madeira Tropical; 2003; Belém. Belém, 2003. p.22.

NASCIMENTO, A. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M. Classificação e propriedades da madeira de Pinus e Eucalipto, **Floresta e Ambiente** V. 8, n.1, p.27-35, 2001.

NEUMANN, R. J. - Hacia un Secado de Madera Mas Eficiente. In: **Anais...** IUFRO XIX World Congress Division 5 Proceedings. Montreal. 1990, p191-203.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; LAHR, F. A. R. Indicações para o emprego de dezesseis espécies de *Eucalyptus* na construção civil. In: **Anais...** Encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira, São Carlos: LaMEM-EESC-USP, v.1, 1992, p37-48.

ORWA, C.; MUTUA A.; KINDT, R.; JAMNADASS, R.; SIMONS, A. A tree reference and selection guide, **Agroforestry Database** version 4, p1-5 2009.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; PALERMO, G. P. M.; DE CARVALHO, A. M.; PASTRO, E. M. S. Microdensitometria de raios x aplicada na determinação da variação da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S. Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto. In: **Anais...Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto**. Viçosa-MG, 22 a 24 de junho de 1999, p.39-52.

OLIVEIRA, J. T. S. & SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p381385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. **Caracterização da Madeira de Eucalipto Para a Construção Civil** 429f. Tese (Doutorado em engenharia) Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Carlos-Brasil, 1997.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. 4 ed. New York: 1980, 722p.

PELOZZI, M. M. A.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; RODRIGUES, P. L.M. Propriedades físicas dos lenhos juvenil e adultos de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* E DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 305-313, 2012.

PEREIRA F. A.; DOS SANTOS, R.; DE CAMPOS, C. I.; MOLINA, J. C. Utilização de resíduos e derivados de madeira para confecção de uma guitarra elétrica **Sci. For.** Piracicaba, v. 39, n. 90, p183-190, 2011.

PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G. & HIGA, A. R. Avaliação das tensões de crescimento e comparação de métodos de desdobro em madeira de *Eucalyptus dunnii*. **EMBRAPA** –No 33, 1999, 2p.

PETRAUSKI, S.M.F.C.; VOLPATO, A.S.; SETTI, R.; DIAS, V.X.; PETRAUSKI, A. Estudo do comportamento de vigas em madeira laminada colada confeccionadas com *Eucalyptus grandis* e *Pinus sp.* In **Anais... IX Encontro Brasileiro em Madeira e em Estrutura de Madeira**; Cuiabá. Cuiabá: UFMT, 2004.

PINHEIRO, M. A. **Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal**. 80f Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994, 289 Pag

PONCE, R. H. & WATAI, L. T. **Manual de Secagem da madeira**. Instituto de Pesquisa Tecnológica. Brasília. D.F. 1985, 72p.

PFEIL, W. E.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003, 224p.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panels*–EGP)** 117f. Tese (Doutorado em engenharia Florestal) Sector de ciências agrarias, Universidade Federal do Paraná Curitiba. 2010.

REZENDE, R. N. **Secagem de toras de clones de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão**, 186f Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2009.

RIBAS, C.; ASSINI, J. L.; YAMAZOE, G. & GURGEL GUARRIDO, L. M. A. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e resíduos de serraria. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, 1(1): 51- 65, 1989.

RIBEIRO. P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* Var. *Hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília. Brasília. 2009.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 186f. UFPR Tese, (Doutorado em engenharia florestal) sector de ciências agrarias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2000.

ROZAS MELLADO, E. C. E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado**. 133f. Dissertação (Mestrado Em engenharia Florestal) Sector de Ciências Agrarias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1993.

SERPA, P. N.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* **Arvore**, Viçosa-MG v.27, n.5 p723-733, 2003.

SEVERO, E.T.D. **Pré-vaporização: uma técnica para otimizar a secagem de madeira sólida de *Eucalyptus grandis***. Botucatu, 85f. Tese, Livre Docência em Secagem de Madeira) Departamento de Recursos Naturais– Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2004.

SCHIMLECK, L.R.; EVANS, R.; ILLIC, J. Estimation of *Eucalyptus delegatensis* wood properties by near-infrared spectroscopy. **Canadian Journal of Forest Research**. Canadá, v.31, n.10, p.1671-1675, 2001.

SIAU, J. F. **Wood**: Influence of moisture on physical properties. Virginia Polytechnic Institute and state University, Dep. of wood science and Forest Products, 1995, 227p.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira** 160f. Tese (Doutorado Em engenharia florestal) Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *eucalyptus saligna* sm. Em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p233-239, 2003.

SIMULA, M.T. & TISSARI, J.T. Market prospects for eucalyptus solid wood products in the European commun Market. In: **Anais...** 1º Seminário Internacional sobre produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e 1o encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998.

SMITH, R.L.; CESA, E.T.; RAPPOLD, P.M. **A marketing guide for small and medium sized primary forest products processors**. NA-TP-02-07CD. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry. 2008, 92p.

STEIN, R.F. **Avaliação técnica do tempo de estocagem de madeira**, Monografia, 36f (Graduação em tecnologia de Celulose e Papel) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

TOMAZELO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **IPEF** n.29, p.25-36, 1985.

TOMAZELO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *E. saligna* (Sm) e *E.grandis* (Hill ex Maiden). **IPEF**, n 29, p37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Cerne Lavras**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, **Cerne Lavras**, V.9, N.1, p.066-080, 2003.

TSOUMIS, G. **Science and Technology of Wood Struture Properties and Utilization** Van Nostrand Reinhold New Yourk, 1991, 494p.

VALÉRIO, Á.F.; WATZLAWICK, L.F.; DOS SANTOS R.T.; BRANDELERO, C.; KOEHLER, H.S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. **R. Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, p387-398, 2007.

VIEIRA, R. P. Painéis: uma alternativa fácil para o gerenciamento de resíduos de madeira, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Cientifico Conhecer - Goiania, Vol.7, N.12; 2011.

VICK, C. B. Adhesive bonding of wood materials in Forest Products Laboratory, **Wood Handbook—Wood as an Engineering Material**. Gen. Tech. Rep. FPL– GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1999, 463p.

VICK, C. B.; ROWELL, R. M. Adhesive bonding of acetylated wood. **Int. J. Adhesion and Adhesives**. Madison, USA. V.10, p.263-272. 1990.

VITAL, B. R. & TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 18 n. 186, p. 57-61. 1997.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. S.; DELA LUCIA, R. M. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* E *Pinus elliottii*, **R. Árvore**, Viçosa-Mg, V.30, N.4, p.637-644, 2006.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**, PNUD BRA 00/20-Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental, 2009, 40Pag.

7. APÊNDICES

APÊNDICE 1. ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

Análise de variância da massa específica básica

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0.27097	0.27097	31.0268 **
Resíduo	116	1.01307	0.00873	
Total	117	1.28404		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância da contração radial

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0.52590	0.52590	0.7525 ns
Resíduo	116	81.06623	0.69885	
Total	117	81.59213		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância da contração tangencial

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	4.69512	4.69512	0.7914 ns
Resíduo	116	688.18150	5.93260	
Total	117	692.87662		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$) ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância da contração axial

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0.07270	0.07270	2.1813 ns
Resíduo	116	3.86630	0.03333	
Total	117	3.93900		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância da contração volumétrica

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	14.45079	14.45079	1.6525 ns
Resíduo	116	1014.39832	8.74481	
Total	117	1028.84911		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE 2. ANÁLISE DE RENDIMENTO, em SERRAGEM, COSTANEIRAS, e SARRAFOS POR CLASSE DIAMETRICA PARA O *E.grandis*

Análise de variância para o volume da tora

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.41997	0.20998	10.9094 **
Resíduo	12	0.23098	0.01925	
Total	14	0.65094		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o rendimento em madeira serrada

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.16779	0.08389	10.5581 **
Resíduo	12	0.09535	0.00795	
Total	14	0.26314		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o rendimento em de serragem

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.00035	0.00018	8.4962 **
Resíduo	12	0.00025	0.00002	
Total	14	0.00060		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

Análise de variância para rendimento em costaneiras

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.04881	0.02440	3.0028 ns
Resíduo	12	0.09752	0.00813	
Total	14	0.14633		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o rendimento em sarrafos

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.00004	0.00002	1.2965 ns
Resíduo	12	0.00018	0.00001	
Total	14	0.00022		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$) ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE 3. ANÁLISE DE RENDIMENTO, em SERRAGEM, COSTANEIRAS, e SARRAFOS POR CLASSE DIAMETRICA PARA O *E.saligna*

Análise de variância para o volume da tora

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.47972	0.23986	10.6700 **
Resíduo	12	0.26976	0.02248	
Total	14	0.74948		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o rendimento de madeira serrada

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.26002	0.13001	6.0115 *
Resíduo	12	0.25952	0.02163	
Total	14	0.51953		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

Análise de variância para o rendimento de serragem

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.00021	0.00011	6.2871 *
Resíduo	12	0.00020	0.00002	
Total	14	0.00041		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

Análise de variância para o rendimento em costaneiras

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.02696	0.01348	7.7962 **
Resíduo	12	0.02074	0.00173	
Total	14	0.04770		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

Análise de variância para o rendimento em sarrafos

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.00016	0.00008	0.4296 ns
Resíduo	12	0.00229	0.00019	
Total	14	0.00246		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE 4. ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS PAINEIS

Experimento inteiramente ao acaso

Análise de variância de flexão estática

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	11485.28839	5742.64419	406.7771 **
Resíduo	57	804.69311	14.11742	
Total	59	12289.98150		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	57	4.9986	406.7771	<0.001

DMS = 2.86009 MG = 45.12500 CV% = 8.33

Análise de variância de tração Normal

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1182.09226	591.04613	5.0849 **
Resíduo	57	6625.39931	116.23508	
Total	59	7807.49157		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	57	4.9986	5.0849	0.0093

DMS = 8.20673 MG = 30.74067 CV% = 35.07